

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ  
УКРАЇНИ**

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ**

Збірник наукових праць  
Східноукраїнського національного університету  
імені Володимира Даля

№ 1(2) / 2010

Луганськ – 2010

ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ

APPLIED ECOLOGY

№1(2) / 2010

№1(2) / 2010

Збірник наукових праць

Summary of scientific works

Засновано у 2009

It was founded in 2009

**Засновник:**  
**Східноукраїнський національний**  
**Університет імені Володимира Даля**

**The founder is East-Ukrainian National**  
**University of the Volodymyr Dahl**

Збірник зареєстровано Міністерством  
Юстиції України

**Свідоцтво** про державну реєстрацію  
**серія КВ № 15606-4078Р**  
**від 18.08.2009**

Registered  
by the ministry of justice of Ukraine  
Registration **certificate**  
**КВ № 15606-4078Р**  
**dated 18.08.2009**

**Голова редакційної колегії збірника:** Смирний М.Ф., проф., докт.техн. наук.

**Редакційна колегія збірника:** заступник голови редакційної колегії проф., докт. техн. наук Ромазанов С.К., проф., докт. техн. наук Меркіш Е., проф., докт. техн. наук Олешкович-Попел Ч., проф., докт. екон. наук Гончаров В.Н., проф., докт. техн. наук проф., докт. техн. наук Крайнюк А.И., проф., докт. фіз-мат. наук Голубнічий П.І., проф., докт. техн. наук Куликов Ю.А., проф., докт. с.-х. наук Зубов О.Р., проф., канд. техн. наук Харківський Б.Т., доц., канд. техн. наук Іджер М., доц., канд. техн. наук Ігнатов О.Р.

Відповідальний за випуск  
Літературний редактор  
Технічний редактор  
Комп'ютерний набір  
Коректор

Ігнатов О.Р.  
Морозова І.А.  
Дрововоз Т.Н.  
Борисенко К.В.  
Руднік Я.В.

В збірник увійшли статті аспірантів, докторантів та викладачів Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля та інших навчальних закладів, що присвячені напрямку „Прикладна екологія”.

Статті прорецензовані членами редакційної колегії.

Збірник підготовлено кафедрою „Екологія” Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (протокол № 5 від 31 грудня 2010 року).

**Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, 2010**

© East Ukrainian National University of the Volodymyr Dal, 2010

## Зміст

<b>Форощук В.П.</b> РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЛОКАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	6
<b>Лукьяненко В. А., Бондарь В.И.</b> ЭКОЛОГО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ГЕННО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОРГАНИЗМОВ .....	12
<b>Ушакова Н.Д., Москвиченко В., Парасич Е., Ушаков Ю.Г.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОЛИГРАДИЕНТНОГО ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ .....	15
<b>Сімененко С.Т., Циганок К.С.</b> ШЛЯХИ ФОРМУВАННЯ УРБОЦЕНОЗУ М. ЛУГАНСЬКА .....	20
<b>Ушакова Н.Д., Москвиченко В.А., Михалёва Е.С., Ушаков Ю.Г.</b> ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ФИЛЬТРА РОТОРНОГО ТИПА.....	31
<b>Матвеев А. Н., Форощук В. П.</b> ШЕМАЯ АЗОВСКАЯ ALBURNUS LEOBERGI FREYNOF ET KOTTELAT, 2007 – КРАСНОКНИЖНЫЙ ВИД ИХТИОФАУНЫ БАСЕЙНА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ .....	38
<b>Заиграев Л.С., Шеховцов Ю.И.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ САЖЕВОГО ФИЛЬТРА АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ.....	44
<b>Бритик С.А., Игнатов О.Р</b> РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТУПЛЕНИЯ САЖИ В СМАЗОЧНОЕ МАСЛО ДВС .....	52
<b>Микитенко М. А.</b> УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	58
<b>Кіященко В.В.</b> ВИБІР СПОСОБУ ЗАКРИТТЯ ШАХТ І УПРАВЛІННЯ ШАХТНИМИ ДОПРИПЛИВАМИ.....	67
<b>Киященко В.В., Черных В.И.</b> АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ НА СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОЙ И ВОДНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА АНТРАЦИТА И АНТРАЦИТОВСКОГО РАЙОНА .....	70
<b>Домська Г. С.</b> ПОРОДНІ ВІДВАЛИ ВУГІЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЯК ВАЖЛИВИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ОБ'ЄКТ РЕГІОНУ .....	73
<b>Чернецька Н.Б., Капустін Д.А.</b> ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГІДРОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ТЕС.....	78
<b>Дмитрієнко Д.В.</b> ВДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМ ЦИКЛОННИХ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧІВ .....	82

<b>Jerzy Merkisz, Miloslaw Kozak</b> AN ANALYSIS OF PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM A DIESEL PASSENGER CAR FUELLED WITH OXYGENATED FUELS .....	89
<b>Кошечкина Н.И.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ КОЛЕС ЛОКОМОТИВА .....	99
<b>Jerzy Merkisz, Marek Waligórski</b> POSSIBILITIES OF THE ECOLOGICAL CHARACTERISTICS IMPROVEMENT FOR NON ROAD SURFACE TRANSPORT VEHICLES WITH COMBUSTION ENGINES BY THE APPLICATION OF EOB D DIAGNOSTICS REQUIREMENTS .....	104
<b>Головко Н.С.</b> ОЦІНКА ВПЛИВУ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДЕРЕВНОЇ РОСЛИННОСТІ.....	119
<b>Merkisz J., Bajerlein M.</b> THE IMPACT OF DISSILVING OXYGEN IN DIESEL FUEL ON THE TOXIC EXHAUST GAS EMISSION.....	124
<b>Колесникова Е.</b> ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ЭКОЛОГИИ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ I –II УРОВНЯ АККРЕДИТАЦИИ.....	132
<b>Колесников В., Балицкий А.</b> НОВЫЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ СПЛАВЫ – ОЧЕРЕДНОЙ ШАГ К ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАНЕТЫ .....	136
<b>Шпанковский И.В., Яковлева Н.О., Грубич Т.В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ .....	142
<b>Jerzy Merkisz, Jacek Pielecha</b> ON ROAD EMISSION TESTS WITH THE USE OF A PORTABLE ANALYZER.....	147
<b>Ежи Меркиш, Милослав Козак, Яцек Пелеха, Мачей Анджеевски</b> ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ВЫБРОСОВ ОТРАБОТАННЫХ ГАЗОВ ОТ СОВРЕМЕННЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ И RME.....	159
<b>Харківський Б.Т., Свістун Т. В., Гончаренко О. М.</b> ЕКОЛОГІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ.....	170
<b>Назаренко О.С., Савяк Р.П.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ОДЕРЖАННЯ АНТИОЖЕЛЕДНОЇ КОМПОЗИЦІЇ ІЗ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА СОДИ.....	174
<b>Поливянчук А.П., Холкина Е.А., Гречишкина Е. А.</b> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САЖЕВОГО ФИЛЬТРА.....	182
<b>Свинооров Ю. А., Аптекарь М.Д., Аптекарь В.Ю.</b>	



РОЛЬ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ..... 188

**Аптекарь В.Ю., Аптекарь М.Д., Косенко В.Ф., Свинороев Ю.А**  
РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЛУГАНСКОЙ  
ОБЛАСТИ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ТУРИЗМЕ..... 196

Форошук В. П.,

Луганск

**РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ЛОКАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Рассматриваются методические подходы формирования экологической сети на локальном уровне, и приводится схема экосети Луганской области. Рис. 1, ист. 10.

*Ключевые слова:* Экологическая сеть, природно-заповедный фонд, ключевая территория, природное ядро, экологический коридор, буферная зона, биоцентр, зона природной ренатурализации, интерактивный элемент, речной бассейн.

Сейчас все в большей степени осознается человечеством реальность глобальной экологической катастрофы, в результате которой погибнет существующая цивилизация или, в худшем случае, биологический вид – человек разумный. Поэтому и предпринимаются целый ряд мер, направленных на сохранение экологического равновесия, среди которых и стремление к устойчивому развитию общества, сбалансированное или неистощимое природопользование, расширение природно-заповедного фонда, создание экологических сетей и прочее. Успех каждого из них зависит, с одной стороны, от научного обоснования, а с другой – от практики ее реализации. Так, идея создания природно-заповедного фонда была всесторонне научно проработана, но реализация ее протекала крайне медленно. И сейчас уже нет в достаточном количестве природных территорий в естественном состоянии, которые бы обеспечили сохранение экологического равновесия путем расширения природно-заповедного фонда. По мнению специалистов, в степной зоне для обеспечения экологического равновесия доля заповедных территорий должна составлять около 40–60% площади данной природной зоны [8]. На данный момент вся степная зона в наибольшей степени подверглась антропогенному преобразованию, и целинных степей остались «крохи», которые не в состоянии поддерживать экологическое равновесие. Так, в Украине всего осталось около 30% природной растительности, в степной зоне – 6%, а целинных степей – около 1%. В соответствии с рекомендациями МСОП для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия данного региона в Средней Европе площадь заповедных объектов должна составлять 6–10% территории. Но, не во всех странах Европы имеет место такая доля заповедности. В Украине сейчас большинство землепользователей рассматривают организацию природно-заповедных территорий на своих землях как исключительно бесполезное и даже не выгодное дело. Хотя специалисты утверждают, что нормативный среднегодовой экономический эффект от земель природоохранного назначения составляет 626 грн/га, что больше, чем от использования земель в оздоровительных и рекреационных целях [4]. Безусловно, природно-заповедные территории нужны, поскольку они с большим или меньшим успехом еще могут выполнять задачи улучшения экологической ситуации, сохранения биоразнообразия, охрану редких и исчезающих видов. Хотя последняя задача на сегодняшний день с научной точки зрения (закон обеднения органического вещества в островных его сгущениях) нереальна. Но время было упущено, и теперь все больше специалистов надежды на сохранение экологического равновесия в природе связывают с разработкой экологических сетей [9]. Это последняя возможность избежать экологической катастрофы. Поэтому методологическая и методическая проработка этой проблемы является актуальной.

В этом отношении Украина находится в более выгодном положении: есть необходимые нормативные документы [1, 2], разработаны научные принципы ее

разработки [3, 4, 9, 10], имеется схема национальной экосети [3] и стоит задача создания таких же региональных схем [4, 5, 7]. В соответствии с ними национальная экосеть трактуется как целостная территориальная система, которая создается с целью улучшения условий для формирования и возобновления окружающей среды, повышения природно-ресурсного потенциала территории Украины, сохранения ландшафтного и биологического разнообразия, мест обитания и произрастания ценных видов животного и растительного мира, генетического фонда, путей миграции животных через объединение территорий и объектов природно-заповедного фонда, а также других территорий, которые имеют особую ценность для охраны окружающей природной среды и в соответствии с законами и международным обязательствам Украины подлежат особой охране [2].

Но остается еще много вопросов, особенно методического характера, касающихся регионального уровня разработки экосети, который является основой проекта национальной экосети. И несмотря на существующие соответствующие методические рекомендации [4], где в основном определен объем необходимой информации для разработки такой схемы, которая, как правило, отсутствует в регионах, остается еще много существенных вопросов. Главный из них заключается в определении территориальной единицы ее проектирования. Исходя из приоритета природных факторов над социально-экономическими как основного принципа формирования экосети были предложены: физико-географический, геоботанический, зоогеографический, агропочвенный, ландшафтный выдел и бассейн реки [5, 7, 9, 10]. Все они имеют аргументированное научное обоснование, но только последний будет понятен проектировщику, который в натуре легко определит границы этого территориального выдела. В природе четко обозначены водораздельные территории, а физико-географические, геоботанические, зоогеографические, агропочвенные, ландшафтные границы носят относительный характер, что может определить только соответствующий специалист. В бассейнах рек осуществляется основной перенос массы веществ и превращения энергии (биотический круговорот). И чем крупнее река, тем более сомкнутый характер имеет этот биотический круговорот веществ и превращения энергии, что и является формой существования экологического равновесия. Следовательно, обеспечив его в границах бассейна реки того или иного порядка, мы сохраним экологическое равновесие как в регионе, так и в целом в природе. Кроме этого, общеизвестно, что долина реки является естественным путем распространения растений и миграции животных (природный экокоридор). А проектировщикам (землеустроителям) будет более понятнее задача выноса схемы экосети в натуре в его границах, чем, допустим, физико-географическом районе. Различают несколько уровней разработки схем: биосферный (глобальный), континентальный (в данном случае всеевропейский), национальный, региональный и локальный. Представляется целесообразным областной (административно-территориальный) уровень проработки схемы экосети отнести к локальному, который, как и национальный, является искусственным. Для природы значимы биосферный, континентальный и региональный (естественное деление). В качестве последнего могут выступать схемы экосети бассейнов рек первого или второго порядка (Днепр, Северский Донец), природных зон (лесная, лесостепная, степная), горных стран (Карпат, Крымских гор), возвышенностей (Приднепровская возвышенность, Донецкий кряж) и других территорий, имеющих реальные границы в природе. Попытка в основу разработки схемы экосети положить существующие или планируемые к организации природно-заповедные территории, соединив их экокоридорами, научно не оправдана. Природно-заповедный фонд как простая сумма особоохраняемых природных территорий не является системой природно-заповедных территорий [8], которая только может служить аналогом экосети как «целостной территориальной системы». Безусловно, заповедные территории являются обязательным элементом экосети, только их статус должен определяться в каждом конкретном случае отдельно. Простое соединение природно-заповедных территорий и оставшихся природных участков экокоридорами будет носить искусственный характер, что не обеспечит функционирование экосети в целом и сохранение экологического равновесия.

Второй немаловажной проблемой является определение площади территории, отводимой под экосеть, которая в соответствии с научным принципом достаточности

обеспечила бы сохранение экологического равновесия. Представляется целесообразным в качестве такого количественного показателя взять такое соотношение: 60% площади бассейна реки должны занимать природные или условно природные территории и 40% – антропогенно преобразованные [8]. Такое сочетание, по мнению большинства специалистов, обеспечит не только сохранение экологического равновесия на данной территории, но и позволит получить максимум полезной продукции. 7% территории области, отводимые под экосеть [5], не позволят решить главные задачи, заложенные в основу самой ее идеи. Так, в частности, как показали расчеты, локальная экосеть Луганской области должна включать около 1572,8 тыс. га земель, что составляет 58,9 % территории области (рис. 1). В ее состав вошли все имеющиеся в наличии природные и полуприродные территории (определяемые по статотчетности «б–зем»). Категории земель, отводимые под экосеть, определены нормативно-правовыми документами [2]. На данный момент имеется около 97% пригодных земель в области для ее создания от необходимой площади, но с учетом полного выведения деградированной пашни с последующей ее консервацией, залужением или залесением. Поэтому промедление в организации экосети может опять привести к подобной ситуации как с ПЗФ – нехватке в дальнейшем необходимых территорий в природном и полуприродном состоянии, а вскоре – и к экологической катастрофе.

Однозначно не решен вопрос и в отношении структурных элементов экосети и их количественных параметрах. В соответствии с положениями Всеевропейской экологической сети (ВЕЭС) выделены такие структурные ее компоненты: природное ядро, экологический коридор, буферная зона и зона потенциальной ренатурализации (восстанавливаемая территория). В принятых в Украине нормативных документах природное ядро заменено ключевой территорией, видимо, посчитав, что это аналогичные понятия. Кроме этого, в специальной литературе предлагается выделить в качестве структурного компонента экосети биоцентры и интерактивные элементы (линейные «слепые» ответвления от основных элементов экосети) того или иного уровня [9]. Считается, что ключевая территория равноценна природному ядру, которое в свою очередь соответствует биоцентру того или иного уровня (локальному, региональному и межрегиональному). Если принять бассейн реки как элементарную территориальную единицу создания экосети, то ключевая территория, природное ядро и биоцентр в функциональном отношении не равноценны. Первое понятие характеризует территорию, которая обеспечивает поддержание экологического равновесия в природе со строго определенным местоположением («ключ») и подлежащее обязательному включению ее экосеть не независимо от вида землепользования. Тогда в качестве природного ядра следует рассматривать природную и полуприродную территорию независимо от местоположения с высоким биологическим и ландшафтным разнообразием достаточной площади для ее саморегуляции (циклический характер биотического круговорота веществ и превращения энергии слабо нарушен – целостная экосистема того или иного ранга). В качестве биоцентра должна служить природная и полуприродная территория с высоким биологическим разнообразием (часть экосистемы), минимальная площадь которого на локальном уровне должна быть не менее 2 га, но не более 20 га [9]. По оценкам специалистов, минимальная площадь территории, достаточная для существования флоры-изолята, составляет 500–600 га [7]. В соответствии с рекомендациями ВЕЭС в степной зоне площадь природного ядра должна составлять не менее 1000 га. По всей видимости, такая площадь дополнительно обеспечивает еще и саморегуляцию большинства обитаемых в Европе популяций животных. Т. е. максимальные размеры природного ядра определяются величиной ареалов обитания животных, занимающих верхушку трофической пирамиды данной экосистемы. Уже с одной этой позиции не все заповедные территории будут соответствовать природным ядрам экосети. Экокоридорами являются поймы рек или тальвеги овражно-балочных систем и другие природные и полуприродные территории шириной 200–500 м на локальном уровне. Если они занимают ключевое положение, но площадь которых значительно меньше требуемой, то их следует относить к восстанавливаемым территориям с площадью, достаточной для данного структурного элемента экосети. В отношении восстанавливаемых и буферных территорий сколько-нибудь принципиальных различий

не встречается. По своему статусу компоненты экосети могут выступать как межобластные, межрегиональные, межгосударственные, площадь которых, конечно, будет больше локальных из-за своего трансграничного местоположения. К таким компонентам в первую очередь будут относиться все территории трансграничных водотоков и участков, соединяющих соседние бассейны рек, обеспечивая, таким образом, пространственную целостность и непрерывность экосети.

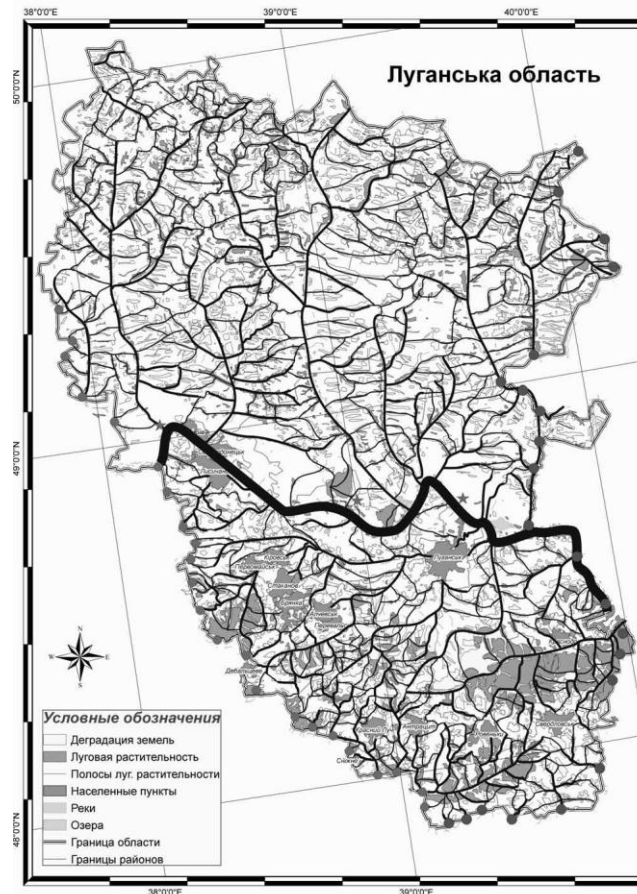




Рис. 1. Схема локальной экосети Луганской области (картооснова выполнена специалистами проекта ЕС ТАСИС «Комплексное использование земель Евразийских степей»)

Условные обозначения:

-  – ключевые экокоридоры того или иного ранга,
-  – ключевые трансграничные территории

Значимость подобной классификации компонентов экосети можно проиллюстрировать на следующем «анатомическом» примере. Гомологичной структурой может служить костная система человека – экологический каркас (экосеть). Понятно, что он должен быть весь костным, т. е. естественным. Сочленение костей (суставы) выполняют функцию ключевых территорий, отдельные кости – природных ядер, а части костей – биоцентров. Ошибка в сочленении костей является самой грубой – скелет не будет полноценно функционировать. Правильное же соединение лишь частей разных костей – скелет не долго будет существовать. Поэтому ключевой территорией может выступать как природное ядро, так и экокоридор и даже восстанавливаемая территория со строго определенным местоположением и достаточной площадью. Другими словами, ключевая территория характеризует значимость территории для поддержания экологи-

ческого равновесия; природное ядро, экокоридор или биоцентр – степень природной сохранности (способность к саморегуляции) и размеры территории.

В соответствии с вышеизложенным и бассейновым принципом формирования экосети представляется целесообразным к ключевым территориям экосети относить участки верховья, средней и устьевой части долины реки того или иного порядка или овражно-балочной системы от правого до левого водоразделов. К ним также следует относить и территории, соединяющие речные бассейны или овражно-балочные системы между собой, через которые осуществляется взаимообмен растительными и животными организмами. Конечно, сплошных таких природных территорий уже нет, но возможно еще формирование ключевых территорий мозаичного типа. Минимальное расстояние, через которое возможен перенос пыльцы или семян растений, составляет 200 м [9]. Следовательно, это должно быть максимальной длиной возможного «разрыва» экосети, что является исключительной ситуацией при ее непрерывности. По мнению специалистов, вдоль долины реки от истока к устью усиливается тренд биологического и ландшафтного разнообразия [9]. Скорее всего такая закономерность характерна и для овражно-балочных систем. Другими словами, естественное распространение растений и миграция животных осуществляется главным образом по гидрографической сети территории, которая пока еще является непрерывной и в лучшей степени сохранена в естественном состоянии. А «напрямую» – не более чем на 200 м.

В соответствии с принципом репрезентативности экосети [10] все типы экосистем должны быть представлены в ней. Однако доминирующие положения должны занимать типичные биоценозы. Хотя в реальности наблюдается обратная закономерность. Так, в ПЗФ Луганской области в большей степени представлены уникальные природно-заповедные территории (лесные территории), чем типичные (зональные степные сообщества). Доля последних составляет всего лишь около 2% от всей площади заповедных территорий. С другой стороны, при разработке экосети степной зоны необходимо включать всю лесопокрытую территорию, среди которой в первую очередь, байрачные леса как неотъемлемый компонент степных ценозов. Все водоемы и водотоки с водоохранными зонами также должны войти в состав экосети, несмотря на нетипично степные ценозы. Природа едина и непрерывна, а проводимые человеком границы носят в большей или меньшей степени искусственный характер.

При выполнении одной из задач сохранение биоразнообразия, которая должна быть решена при формировании экосети, необходимо определиться: какая часть живых организмов является наиболее уязвимой при антропогенном воздействии. Это позволит объективно оценить возможности выбранной территории для сохранения биологического разнообразия и в определении оптимальных ее размеров. На видовом уровне эту задачу трудно решить. На данный момент нет еще единого списка индикаторных видов животных, скажем, степной зоны. Однако с позиции экологии можно утверждать, что неблагоприятные сукцессионные изменения в экосистеме при антропогенном воздействии начинаются с ее животного населения. По сравнению с растениями, фауна характеризуется большим видовым разнообразием, но меньшей численностью популяций (управляющее звено в экосистеме). Поэтому животные в первую очередь реагируют на такие негативные воздействия и в особенности – верхушка трофической пирамиды экосистемы. К чему привело уничтожение крупных травоядных животных степи – всем хорошо известно. Но уже сейчас установлено, что в степных экосистемах по численности доминируют лесные и лесостепные виды мышевидных грызунов [6]. Это второе свидетельство негативных сукцессионных изменений степных биоценозов. И как следствие, например, превращение травянистой степи в кустарниковую. Но, как показывает практика, при выборе пригодных территорий для экосети исходят из геоботанических и флористических критериев. Поэтому представляется целесообразным при разработке экосети в первую очередь учитывать «требования» животных, а затем – растений. Это будет способствовать объективному определению размеров структурных компонентов экосети. Только при определении достаточных параметров экокоридоров или их предполагаемых разрывов решающее значение будут иметь возможности растений к распространению.

Немаловажним вопросом разработки экосети является определение ширины самой трансграничной зоны, в пределах которой следует формировать межгосударственные, межрегиональные и межобластные ее структурные компоненты. Исходя из бассейнового принципа формирования экосети, к таковым территориям следует относить трансграничные водотоки (овражно-балочные системы) и участки, соединяющие соседние бассейны рек.

Таким образом, своевременное формирование экосети в регионах приведет к стабилизации углубления глобального экологического кризиса и предотвращению экологической катастрофы. На сегодняшний день областным советом утверждена как концепция формирования экосети Луганской области, так и сама программа, где приведена предложенная здесь к рассмотрению схема областной экосети.

### Л и т е р а т у р а

1. Закон України „Загальнодержавна програма формування національної екологічної мережі України на 2000–2015 роки” від 21.07.2000. – №1989 – III.
2. Закон України „Про екологічну мережу України” від 24.06.2004. – № 1864 – IV.
3. Розбудова екомережі України (Науковий редактор: Ю. Р. Шеляг-Сосонко). – К.: Техпринт, 1999. – 127 с.
4. Формування регіональних схем екомережі (методичні рекомендації). /За ред. Ю. Р. Шеляг-Сосонко.– К.: Фітосоціоцентр, 2004. – 71 с.
5. Клімов О. В., Філатова О. В., Надточій Г. С. та ін. Екологічна мережа Харківської області: Посібник.- Харків, 2008. – 167 с.
6. Кондратенко О. В. Мікротеріофауна Донецько-Донських та Донецько-Приазовських степів: Автореферат дисертації канд. біол. наук. – К: Інститут зоології НАНУ, 2003. – 20 с.
7. Остапко В. М., Глухов О. З., Блэкберн А. А. та ін. Регіональна екологічна мережа Донецької області: концепція, програма та схема. – Донецьк: Технопарк, 2008.– 96 с.
8. Реймерс Н. Ф., Штильмарк Ф. Р. Особо-охраняемые природные территории. – М.: Мысль, 1978.– 295 с.
9. Шеляг-Сосонко Ю. Р., Гродзинский М. Д., Романенко В. Д. Концепция, методы и критерии создания экосети Украины.– К.: УкрФітосоціоцентр, 2004.– 143 с.
10. Шеляг-Сосонко Ю. Р., Дудкін О. В., Коржнев М. М. та ін. Національна екомережа як складова частина Пан-європейської екологічної мережі. – К, 2005. – 65 с.

Розглянуто методичні засади формування екологічної мережі на локальному рівні та надано схему екомережі Луганської області. Рис. 1, дж. 10.

*Ключові слова: екологічна мережа, природно-заповідний фонд, ключова територія, природне ядро, екологічний коридор, буферна зона, біоцентр, зона природної ренатуралізації, інтерактивний елемент, басейн річки.*

Methodical approaches of forming of ecological network are examined at local level and a chart over of ecological network of the Lugansk area is brought. Figure 1, source 1.

*Conclusions: ecological network, natural-protected fund, key territory, core areas, ecological corridor, buffer zones, biocenter, restoration areas, interactive element, river pool.*

Форошук В. П. – Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, доцент кафедры «Экология», к.б.н.

Рецензент: Игнатов О. Р., доц., к.т.н.

Стаття подана  
17.09.2009

## ЭКОЛОГО-ПРАВОВЫЕ АСПЕКТЫ ГЕННО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОРГАНИЗМОВ

Рассматриваются научные, проблемные экологические и правовые аспекты применения генно-модифицированных организмов в Украине. Ист. 4.

*Ключевые слова: экология, право, генно-модифицированные организмы, генетический материал, пищевые добавки, продукты питания, биотехнологии.*

### Постановка проблемы

С недавних пор специализированный термин "генно-модифицированные организмы" (ГМО) прочно закрепился в лексиконе украинского потребителя. Однако сейчас упоминание о продуктах с ГМО скорее служит своеобразной "страшилкой" для плохо осведомленного покупателя, чем имеет в себе какую-то реально информационную составляющую.

До сих пор достаточно большое количество украинцев неадекватно реагируют на утверждение о том, что тот или другой продукт содержит ГМО. Одни думают, что это обозначение "не совсем экологически чисто произведенного или выращенного продукта", то есть с применением химикатов, другие считают, что такие продукты содержат наравне с натуральным сырьем также и пищевые добавки, а третьи и вовсе уверены в том, что продукты с ГМО каким-то образом могут повлиять на здоровье человека на генетическом уровне. Однако все склоняются к одному: это опасно и вредно.

### Анализ последних исследований и публикаций

Итак, генетически модифицированный организм (ГМО) - это организм, в котором генетический материал был изменен с помощью искусственных приемов переноса генов.

Такие изменения, как правило, производятся в научных или хозяйственных целях. Генетическая модификация отличается целенаправленным изменением генотипа организма, в отличие от случайного, характерного для естественного и искусственного изменения [1].

По утверждению экспертов, если взять в целом продукцию, которая подвергалась каким-то генно-модифицированным изменениям, то речь идет об относительно небольшом спектре продукции: это, в первую очередь, соя, в небольших объемах хлопок, кукуруза, ячмень пивоваренный, бобовые, такие как горох, некоторые зерновые: рожь и др. [2, 3].

Что касается негативных последствий употребления ГМО, ученые утверждают, что употребление в пищу генетически модифицированных организмов оказывают:

- негативное воздействие на организм человека, вплоть до изменения его органов, что вызывает онкозаболевания, бесплодие, аллергию, высокий уровень смертности и заболеваемости новорожденных;
- негативное воздействие на окружающую среду;
- глобальные риски (активизация критических вирусов, экономическая безопасность).

### Материалы и результаты исследований

Использование генетически модифицированных организмов создает угрозу разрушения генофонда нации и угрозу национальной безопасности, т.к. утрата национального семенного фонда уничтожает отечественного сельхозпроизводителя натуральных



продуктов питания, заполнив рынок дешевыми вредными подделками с генетически модифицированными организмами.

Если посмотреть на ГМО с другой стороны, то потребители, в том числе и в Украине, уже давно и совершенно легально пользуются достижениями генной инженерии. Их использование одобрено даже теми странами, которые традиционно очень жестко настроены против таких технологий. ГМО содержатся в пивных дрожжах, ГМ-микроорганизмы участвуют в образовании специальной плесени на сырах, в производстве многих лекарств.

К безусловным преимуществам ГМ-растений можно отнести их устойчивость к болезням, химическим и физическим воздействиям. И зачастую ГМ-продукты более качественны, чем традиционные, благодаря многоуровневой системе контроля, которая практикуется при их производстве. В некоторых случаях использование трансгенных растений сильно повышает урожайность. Есть мнение, что при нынешнем размере населения планеты только ГМО могут избавить мир от угрозы голода. Украинские производители пищевых продуктов наперебой открещиваются от использования ГМО, а сейчас прямо пишут на своей продукции "Без ГМО". Эксперты прогнозируют, что в будущем разрыв в ценах между трансгенной и естественной продукциями будет увеличиваться, и считают, что этот процесс напрямую зависит от урегулирования вопроса маркировки ГМ-продукции.

Не стоит забывать о правовой регуляции генной инженерии. Анализ понятия биобезопасности тесно связан с проблемой ее обеспечения. Достижение определенной цели (в данном случае — предотвращение возможного негативного влияния генетически модифицированных организмов на окружающую среду и человеческий организм) возможно путем применения определенной совокупности средств разнопланового характера, которые реализуются осуществлением соответствующих мероприятий. Выбор конкретных средств и процедуры их воплощения в жизнь зависит от того, что нужно получить, какая конечная цель такой деятельности, а также от особенностей объектов (субъектов), относительно которых эти средства применяются. Цель правовой регуляции генетически инженерной отрасли в части обеспечения ее биобезопасности являются понятными — защита окружающей среды и человека от возможных опасных последствий такой деятельности путем ее надлежащего благоустройства. При этом необходимо выделить и учесть особенности развития и функционирования этой отрасли, которые подлежат правовой регуляции, а следовательно, должны быть закреплены и упорядочены с помощью правовых норм.

#### **Выводы**

Достижения в отрасли биотехнологии открывают широкие перспективы и находят свое приложение сегодня в медицине, производстве фармацевтических препаратов, сельском хозяйстве, пищевой промышленности, хранении продуктов, предотвращении заболеваемости животных, переработке мусора, биологическом возобновлении или очистке окружающей среды и тому подобное. Но перемещение продуктов генной инженерии за пределы лабораторий и распространение их в самых разнообразных областях человеческой жизни воспринимается достаточно неоднозначно как учеными, так и широкой общественностью. Предопределено это разными причинами, прежде всего отсутствием научно доказанного факта беспечности применения генетически модифицированных организмов для человека и окружающей среды. То есть использование достижений генной инженерии, с одной стороны, предоставляет человеку значительные возможности как в научно-исследовательской, так и в прикладной сферах, с другой — связано с определенным риском.

Поэтому на данном этапе необходимым является обеспечение предотвращения потенциальных негативных последствий (в том числе отдаленным во времени) осуществления генетически инженерной деятельности. Важная роль в этом процессе принадлежит средствам правовой регуляции соответствующей сферы общественных отношений. Именно поэтому в течение последних десятилетий в экологическом праве (в первую очередь международном) в рамках института правового обеспечения сохранения

биологического многообразия развивается новое направление — правовая регуляция обеспечения биобезопасности при поведении обхождения с генетически модифицированными организмами.

О возможности производства различного рода продуктов с помощью генной инженерии идет речь также в Законе Украины «О животном мире» [4].

Согласно требованиям ст. 51 данного закона, создание новых штаммов микроорганизмов, биологически активных веществ, выведение генетически измененных организмов, производство других продуктов биотехнологии осуществляется лишь на основании позитивных выводов государственной экологической экспертизы. Использование этих организмов и веществ без позитивных выводов экологической экспертизы запрещается. К тому же, как отмечено в ст. 53 Закона Украины «Об охране окружающей природной среды», их производство и использование, осуществляется только после проведения комплексных исследований их влияния на здоровье и окружающую природную среду при разрешении Министерства здравоохранения Украины и Министерства охраны окружающей природной среды Украины. Следовательно, отмеченные организмы являются объектами экологической экспертизы. Таким образом, к ним должны применяться положения, закрепленные в других законах Украины экологического направления. В частности, идет речь о Законе Украины «Об охране окружающей природной среды» (ст. 53, 57) и Законе Украины «Об экологической экспертизе» (ст. 13). Важными являются нормы, что содержатся в Законе Украины «О защите прав потребителей». Их надлежащее приложение также будет способствовать достижению необходимого уровня биобезопасности. Ст. 18 закона закрепляет право потребителей на информацию о товарах (работы, услуги) [4].

#### Л и т е р а т у р а

1. Красовский О. А. Правовые основы генной инженерии. – М., 1998.
2. Дубов В. И., Голиков А. Г., Потехин О. Е., Красовский О. А. Правовые вопросы межграничного перемещения генетически измененных живых организмов // Биотехнология. – 1999. - №6. – [С. 80-85].
3. Андрейцев В. И. Экологическое право: Курс лекций: Учебное пособие для юр. фак. Вузов. Общая часть. – К., 1996.
4. Дубовик О. Л. Экологическое право: Учебник. – М., 2004.

Розглядаються наукові і проблемно-екологічні та правові аспекти використання генно-модифікованих організмів в Україні.

*Ключові слова: екологія, право, генно-модифіковані організми, генетичний матеріал, харчові добавки, продукти харчування, біотехнології.*

The scientific|science| and problem ecological and legal aspects of application are examined|consider| gene-modified organisms in Ukraine. Ist.

*Ecology, right, gene-modified organisms, genetic|hereditary| material|fabric|, food additions, food stuffs, biogeotechnologies.*

Лук'яненко В. О. – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра «Екологія»

Бондар В. І. - Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра «Екологія», доц., к. с. х. н.

Рецензент: Форощук В. П., к. б. н.

*Стаття подана  
06. 06. 2010 з.*

**Ушакова Н.Д., Москвиченко В.,  
Парасич Е., Ушаков Ю.Г.**

Луганск

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОЛИГРАДИЕНТНОГО ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ**

Приводятся результаты расчетно-теоретических исследований пылеуловителей с применением магнитных полей. Построена модель полиградиентного пылеуловителя и определены режимы его работы. Рис.3,ст.5.

*Ключевые слова: полиградиентный пылеуловитель, магнитное поле, электромагнитная система, пондеромоторная сила.*

### **Постановка проблемы**

Одной из основных задач развития современной науки техники является решение не только инженерных технических направлений совершенствования производств различных отраслей хозяйственной деятельности, но и решение экологических проблем, которые создают эти производства.

Особое внимание в этой связи заслуживают причины и последствия загрязнения атмосферного воздуха предприятия, выбрасываемые в воздушный бассейн огромное количество пыли и газовых загрязнителей. В технике пылеулавливания применяют большое разнообразие методов и средств улавливания пыли. Наиболее известным из них являются: сухая инерционная, центробежная мокрая, электрическая очистка, методы фильтрации и др. Часто на предприятиях не уделяется должного внимания подбору соответствующего оборудования и на некоторых из них применяют малоэффективное устаревшее. Высокоэффективное оборудование не применяется по экономическим причинам. Поэтому разработка и влияние недорогих методов очистки воздуха является актуальной задачей их широкого внедрения в производство.

### **Анализ последних исследований и публикаций**

По мнению многих исследователей и специалистов в области пылегазоочистки, улавливание твёрдых пылевых частиц, особенно мелких фракций требует применения более эффективных и совершенных методов и средств, что является основным критерием оценки применяемых технологий очистки воздуха.

На кафедре экологии ВНУ им В.Даля группа исследователей занимается разработкой и совершенствованием систем пылегазоочистки. Особое место в этих исследованиях занимает метод магнитной сепарации пылевых частиц, предусматривающий применение постоянных, переменных, пульсирующих, вращающихся и «бегущих» магнитных полей. Некоторые разработки внедрены в производстве [1-4]. Результаты некоторых исследований докладывались на конференциях и были опубликованы в научных сборниках [1,3]. Результаты исследований по данной статье ранее не публиковались.

### **Цель статьи**

В результате проведённых исследований было установлено, что высокая эффективность улавливания пыли зависит от содержания в ней частиц мелких фракций и для их осаждения требуются особые условия. Необходимо, чтобы частицы как можно дольше находились в зоне действия магнитного поля, за это время они смогут полностью «насытиться», образовать свои агрегаты и присоединиться к уже осевшим на полюсах пылевым слоям.

Нами было установлено, что это может быть достигнуто за счёт работы системы с «полиградиентной» структурой поля [4].

На рис.1 проведена схема модели полиградиентного пылеуловителя, выполненная в виде цилиндроконического корпуса 1, установленного с его наружной стороны, электромагнитная система 2 в виде сужающейся к разгрузочному патрубку 6 архимедовой спирали и электромагнитная система 3, выполненная в виде винтовой спирали, расположенной по оси пылеуловителя перед его выходным патрубком 5.

Целью этих исследований было установить влияние «внешнего» и «внутреннего» магнитных полей, работающих синхронно, на улавливание пыли мелких фракций.

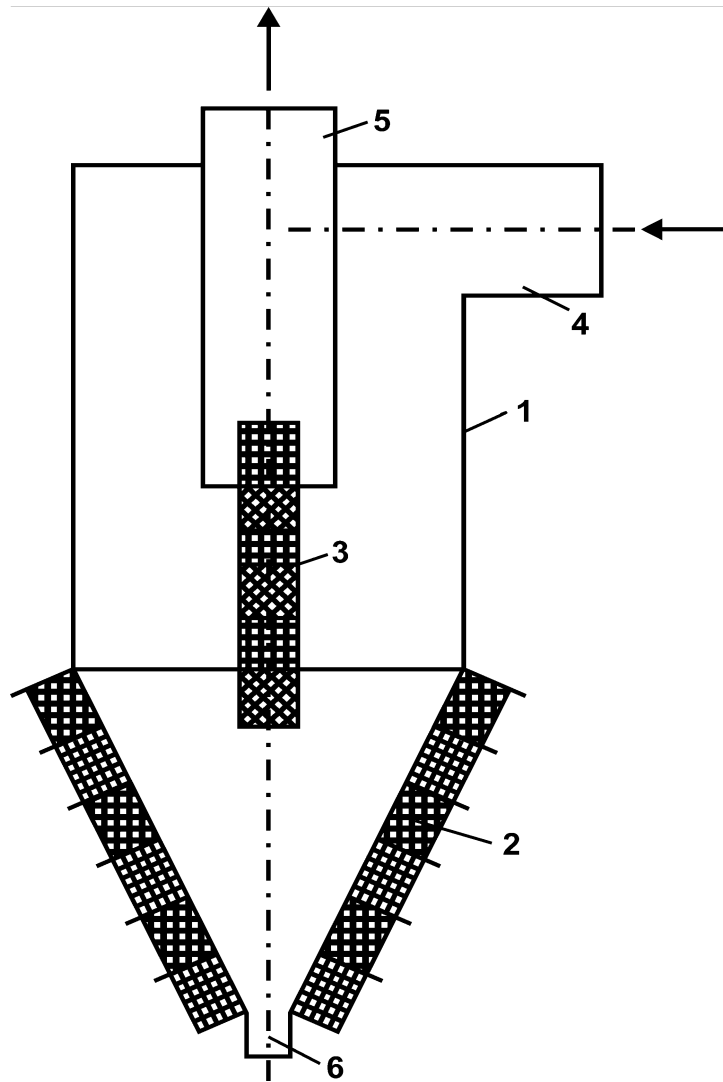


Рис.1. Схема модели полиградиентного пылеуловителя

#### Материалы и результаты исследований

Согласно теоретическим исследованиям, в соответствии с выбором закона динамики для твёрдых частиц с массой  $m$  справедливо равенство:

$$m \frac{d\bar{V}}{dt} = \bar{R} + \bar{F} = \bar{Q}$$

где  $\bar{R}$  - сила сопротивления среды ;

$\bar{F}$  - сила магнитного поля;

$\bar{Q}$  - сила тяжести и архимедова сила;  
 $\bar{V}$  - скорость движения частицы.

Сила сопротивления среды по закону Стокса:

$$\bar{R} = -6 \pi r \eta (\bar{V} - \bar{u}),$$

где  $\eta$  - коэффициент вязкости среды;  
 $\bar{u}$  - скорость движения среды в данной точке;  
 $r$  - радиус частицы.

Сила тяжести и Архимедова сила равны:

$$Q = mg (\gamma - \gamma_c),$$

где  $g$  - ускорение силы тяжести;  
 $\gamma - \gamma_c$  - соответственно плотности частицы и среды.

Сила действия магнитного поля определяется исходя из того, что потенциал магнитной частицы равен:

$$\varphi = - \int \frac{\mu_0 \chi H^2}{2} d\omega,$$

где  $H$  - напряжённость магнитного поля в данной точке;  
 $\mu_0$  - магнитная проницаемость вакуума;  
 $\chi$  - объёмная магнитная восприимчивость материала частицы;  
 $\omega$  - объём частицы.

Тогда

$$F = - \text{grad } \varphi = \text{grad} \int \frac{\mu_0 \chi H^2}{2} d\omega.$$

Принимая ограниченные условия, что объёмная магнитная восприимчивость материала постоянна по объёму частицы, а объём масс можно считать, что  $H \text{ grad } H$  будет постоянным в пределах этого объёма, тогда:

$$F = \mu_0 \chi \omega H \text{ grad}.$$

Вопросы коагуляции имеют важнейшее значение в решении задач магнитного осаждения частиц. При этом важно получить время коагуляции – величину, необходимую для проектирования магнитных пылеулавливателей [3].

Экспериментальная модель полиградиентного пылеуловителя имеет внешнюю и внутреннюю магнитные системы, выполненные с одинаковым стеклом, с одинаковым числом фаз, полюсов и витков спирали [4].

Электромагнитная система 2 (рис.1) представляет собой линейный двигатель, свёрнутый в архимедову спираль, сужающуюся от цилиндрической части корпуса 1 по его конической части к разгрузочному патрубку.

Электромагнитная система 3 также представляет собой линейный двигатель, но свёрнутый по винтовой спирали. Обе электромагнитные системы 2 и 3 имеют одинаковое число фаз и полюсов, спирали, в которые свёрнуты образующие. Эти системы 2 и 3 – линейные двигатели, они имеют одинаковое число витков.

Этим объясняется одинаковая угловая скорость электромагнитных систем 2 и 3, а также совпадения направления и частотой электромагнитных полей систем 2 и 3.

### Устройство работает таким образом

Запылённый газовый поток поступает через входной патрубок 4 (см. рис.1), приобретает вращательное движение и за счёт центробежных сил и сил магнитного поля электромагнитной системы 2 группируется у стенок корпуса и под действием сил гравитации, вращающегося и бегущего поля выводится через разгрузочный патрубок 6.

Электромагнитные системы 2 и 3 создают единое электромагнитное поле, являющееся вращающимся и бегущим с постоянной угловой скоростью и частотой с градиентом направленным к разгрузочному патрубку 6 (см. Рис.1).

Нами был проведен расчет времени коагуляции, представленный в работе [3].

Экспериментальные данные, проведённые на полиградиентном пылеуловителе, показывают, что для частиц магнетита при концентрации, соответствующей источникам пылеобразования в ваграночном и агломерационном производствах, коагуляция занимает не более 0,1с.

На рис.2 и 3 показаны графики зависимости времени коагуляции от различных оптимальных параметров в полиградиентном фильтре.

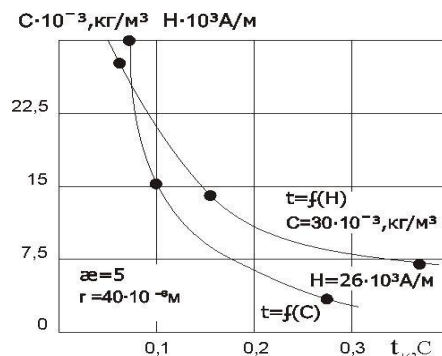


Рис.2. Зависимость времени коагуляции  $t_k$  от магнитной восприимчивости  $\chi$  для размера частиц  $\Gamma = 40 \cdot 10^{-6} \text{ м}$  и от размера частиц  $r$  при магнитной восприимчивости  $\chi = 5$  при оптимальных прочих параметрах.

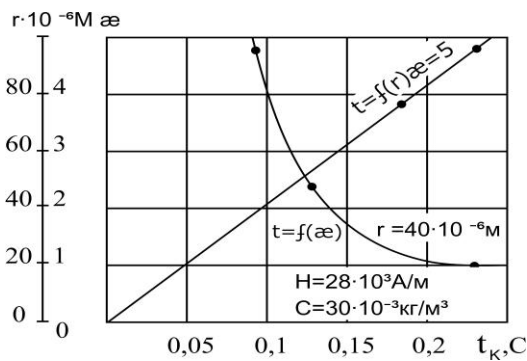


Рис.3. Зависимость времени коагуляции  $t_k$  от концентрации частиц  $C$  при напряженности магнитного поля  $H = 28 \cdot 10^3 \text{ А/м}$  и от напряженности магнитного поля  $H$  при концентрации частиц  $C = 30 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ .

Из графиков следует, что время коагуляции изменяется наиболее интенсивно от размеров частиц и от напряженности магнитного поля в диапазоне до  $30 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}$ , в полиградиентном фильтре время коагуляции не превышает 0,1с.

### Выводы

Полиградиентный фильтр предназначен для очистки пылегазовых выбросов, состоящий из двух электромагнитных систем „внешней” и „внутренней” с одинаковым числом полюсов, витков, фаз, работающих синхронно.

Наличие двух магнитных систем создают условия коагуляции мелкодисперсных частиц, а это в свою очередь приводит к повышению эффективности газо очистки.

В результате исследований получено время коагуляции твёрдых частиц в полиградиентном аппарате, которое равно 0,1.

Эффективность пылеулавливания составила 99...99,5%.

### Литература

1. Смирный М.Ф., Харьковский Б.Т., Ушаков Ю.Г., «Исследование высокоэффективной очистки газов от пыли порошкообразных материалов»
2. Сб. научных трудов ВНУ им В. Даля «Экология» №1, Луганськ.- 2001 г.
3. Товстохатко В.И.. Магнитные пылеуловители.-К.: «Вища школа» 1985 г.
4. Смирный М.Ф., Харьковский Б.Т., Ушаков Ю.Г. Исследование коагуляции частиц в магнитном поле фильтра тонкой очистки Сб. научных трудов ВНУ им.В. Даля «Экология» №2, Луганськ, 2002
5. А.С. СССР №1178470 «Способ очистки газа от среднемагнитных частиц и устройство для его осуществления» Ушаков Ю. Г., Невзлин Б.И., Товстохатко В.М. опубл. в Б. И. №34 1985г.
6. Старак С.Б. Газоочисные аппараты и установки в металлургическом производстве. Металлургия, 1990.

Наводяться підсумки розрахунково - теоретичних досліджень пиловловників із застосуванням магнітних полів. Побудована модель поліградиентного пиловловника та визначені режими його роботи. Рис.3ДЖ.4

*Ключові слова:* поліградиентний пиловловник, магнітне поле, електромагнітна система, пондеромоторна сила.

Results are given calculation - theoretical studies dust-catch using magnetic fields. Built polygradient dustcatch model and its modes of work. Figure 3, source 4.

*Key words:* polygradient dust-catch , magnetic field, electromagnetic system, ponderomotive force.

Ушакова Н.Д.- Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра "Екологія", асистент.

Москвиченко В.О.- Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра "Екологія", студент.

Парасіч О.- Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра "Екологія", студент.

Ушаков Ю.Г. - Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра "Екологія", доцент.

Рецензент: Касьянов М. А. проф., д. т. н.

Стаття подана  
20.09.2010

## ШЛЯХИ ФОРМУВАННЯ УРБОЦЕНОЗУ М. ЛУГАНСЬКА

У роботі досліджені шляхи зміни природного зооценозу на урбозооценоз під впливом антропогенного фактора, що є основним при утворенні урбоєкосистеми. У статті наведені таблиці для порівняння видового складу тварин природного зооценозу з урбозооценозом. Ключові терміни: зооценоз, урбозооценоз, ендеміки, фітофаги, зоофаги, сапрофаги, ареал.

*Ключові слова:* зооценоз, урбозооценоз, ендеміки, фітофаги, зоофаги, сапрофаги, ареал.

### Опис проблеми

Екологічне становище урбоєкосистеми та оптимізація міського середовища на цей час дуже актуальні, оскільки кількість мешканців в містах катастрофічно зростає. Санітарно-гігієнічний, духовний комфорт мешканців міста залежить не тільки від інфраструктури, але і від тих чи інших представників тварин, які мешкають поряд із людиною.

Тому актуальність роботи полягає у визначенні шляхів формування урбозооценозу в місті з широкопрофільною економікою для забезпечення санітарно гігієнічної безпеки населення, захисту рекреаційних насаджень від тварин-шкідників та для естетичного і етичного виховання населення.

Головною метою роботи є виявлення шляхів та етапів формування урбозооценозу в місті Луганськ.

Дослідженнями передбачалося:

- 1) дослідити зміну видового складу природного зооценозу різних класів тварин;
- 2) визначити етапи формування видового складу урбозооценозу Луганська.

### Методика дослідження:

У своїх дослідженнях застосували загальноприйняті методики. Колектування тварин для визначення виду.

### Результати дослідження.

На території, де зараз розташовується місто Луганськ, в процесі тривалої еволюції пристосування тварин до абіотичних факторів навколишнього середовища, видів рослин, один до одного був сформований природний зооценоз біому степ. Тут мешкали представники 88 родин, об'єднаних у 6 класів. Значна частина видів тварин була ендеміками степу.

На відкритих степових просторах, де не має лісу як середовища для життя тварин, можна було зустріти гризунів, які пристосовані до підземного способу життя: ховраха малого, ховрашка краплистого, сліпушка звичайного, хом'яка сірого, полівку звичайну, пищуху, хом'яків, сліпців, бабаків. Крім гризунів в цьому зооценозі ссавці були представлені: лисицею рудою, ласкою, їжаком звичайним, тхіром степовим, тхіром перев'язкою, куницею кам'яною, вовком сірим.

На відкритих просторах травостою гніздилися птахи: жайворонок польовий, жайворонок степовий, кам'янка звичайна, дрохва, вівсянки, перепела, куріпки, а високо к небі літали балабан, боривітер, шуліка, канюк.

Менше всього за видовим складом в цьому зооценозі плазунів. Представниками цього класу були - степова гадюка, жовтобрюх, вуж, прудка ящірка.



Невід'ємною частиною будь-якого зооценозу є безхребетні. Вони за своєю чисельністю та масою в цьому зооценозі склали 95% від загальної зоомаси і були зосереджені на поверхні ґрунту і приповерхневому шарі ґрунту.

На загальний видовий склад зооценозу, чисельність тварин в ньому, коливання чисельності тварин по сезонах, поведінку тварин вплинули абіотичні фактори та кормова база.

Більшість представників зооценозу за способом живлення – фітофаги. На протязі всього року вони живилися цибулинами, бульбами, кореневищами рослин, які багаті на зольні елементи. Це знімало загрозу мінерального голоду. Малопотужний сніжний покрив робить доступним рослинний корм взимку. Влітку часті посухи в цьому районі роблять кормову базу нестійкою, а це в свою чергу, пояснює поведінку тварин: деякі з них запасують корм, деякі впадають влітку та взимку в сплячку. Різкі коливання чисельності фітофагів по роках та сезонах року позначалися на чисельності зоофагів (лисиці, ласки, вовка, кам'яної куніци та ін.). Роль сапрофагів в цьому зооценозі була незначною. Таким чином, можна зробити висновок, що зооценоз, який був сформований на цій території, був сталий до зовнішніх дій, відроджувався, якщо ці дії не мали катастрофічний характер.

При сторенні урбоекосистеми людина прагне до змін всіх компонентів природної екосистеми, в тому числі і зооценозу. Діяльність людини зі створення міст та їхнього розвитку настільки сильна та різноманітна, що зміни видового складу тварин стають необоротними. Видовий і популяційний склад фауни степу змінювався в залежності від характеру, спрямованості та сили дії антропогенного фактора.

Забудова території спонукала до міграції тварин-аборигенів, що швидко рухуються, в місця де дія людини обмежена. Велика ж кількість дрібних тварин загинула під час будівництва. Екологічну нішу, що звільнилася, заповнили нові види тварин, які потрапили в населений пункт з других географічних регіонів за допомогою людини (антропохорії). В монографії Б.Клаусніцер (1990 р.) привів десятки прикладів навмисної інтродукції, а також випадкового занесення тварин з їжею, будівельними матеріалами, транспортом, шкіряними й хутровими виробами, музейними колекціями. Таким чином, до будинків мешканців потрапили деякі види найпростіших; членистоногих - муха, міль платтяна, таргани чорні, павук хрестовик, клоп; ссавці – миша хатня, пацюк сірий. Таргани чорні були знищені хімікатами. Та через деякий час їхню екологічну нішу зайняли таргани руді, більш плідні та пристосовані до дії хімікатів. Всі ці тварини живуть в селітебній зоні в безпосередньому сусідстві з людиною: в будинках, інших спорудах, поблизу житла, тимчасових будівлях.

Для задоволення естетичних та комунікативних потреб, «душевного комфорту» людина в своїх житлах заводить кішок та собак різних порід, за якими здійснюється догляд: їх лікують, роблять прищеплення від хвороб, годують. Але в місті багато мешкає бездомних кішок, собак, які займають свою екологічну нішу за їжею. Їжу вони добувають на свалках, смітниках.

Зростання селітебної зони привело до активного розселення птахів, які в'ють гнізда під дахом: горобець хатній, ластівка міська, чорний стриж.

Здійснюючи озеленення території міста (утворення парків, скверів, лісосмуг навколо міста, садів біля будинків), люди штучно утворили і підтримують середовище перебування для більшості видів птахів (люди розвішували шпаківні, щоб залучити птахів), які пристосовані до життя серед дерево-чагарникової рослинності (дендрофільні тварини).

Підрастаючий молодий деревостій у парках, садах деякий час бідний птахами: молоді дерева не створюють придатних умов для устрою гнізда, надійних укриттів. В таких містах недостатньо і підходящої їжі – комах, насіння. В молодих парках, садах, лісосмугах спочатку починають вити гнізда славка чорноголова, славка садова, славка сіра. Згодом зімкнутість крон дерев збільшилась, зросла густина чагарників, що призвело до подальшого зниження чисельності і розмаїтості птахів. Через декілька років, коли розрослися чагарники, піднялася деревна поросль, з'явилися види птахів, які будують гнізда на куцах і деревах – зеленяк, горлиця звичайна, щиглик, коноплянка. Коли де-

рева в місті досягли зрілого віку, зросла густота чагарників, з'явилися нові види птахів та зросла щільність населення птахів, що гніздяться. В місто вселилися грак, сорока, ворона сіра, галка, велика синиця, голуба синиця, буроголова гаїчка.

Посадка волоського горіху, ліщини біля будівель та старіння дерев створили кормову базу для малого строкатого дятла, середнього дятла, трьохпалого дятла.

Хащі дерев та чагарників у ярах (Іваніщев, Мещерський) сприяли появі соловейка східного.

Дупла на деревах залучили до міста птахів- дуплогніздників - білу плиску, звичайну горихвістку.

Зростання чисельності невеликих за розміром птахів пояснює появу птаха – хижака – сарича звичайного – канюка. Дрібні гризуни на смітниках обумовили появу в місті сплюшки- звичайної совки, сірої сови.

Створення штучних лісових насаджень навколо міста сприяло зміні видового складу тварин відкритих просторів на тварин лісу. В цей час штучні лісові полоси є місцеперебуванням для десятків і сотен особин декількох видів комах-ксилофагів та тисяч особин комах-фітофагів, які живляться зеленою масою, квітками, плодами. Трав'янисті рослини формують місцеперебування для десятків тисяч особин комах – фітофагів й тисяч особин їх хижаків; в листяній підстилці та в верхніх об'єктах ґрунту мешкають сапрофаги, копрофаги – багатоніжки, павуки, грабаки, бактерії, гриби, найпростіші.

У Луганську зараз не побачити аборигенів – ссавців, птахів, плазунів, але можна побачити аборигенів – комах: метеликів капустниці, кропивниці, голубянку, жуків чорнотілок, клопів, мурах (таблиця 1, 2,3, 4).

Таблиця 1

Видовий склад ссавців

№ п/п	Ссавці різнотравно ковилового степу	Латинська назва	Ссавці міста	Латинська назва
1	Їжак звичайний	<i>Erinaceus europaeus</i>	Їжак звичайний	<i>Erinaceus europaeus</i>
2	Заєць	<i>L. europaeus</i>	Миша хатня	<i>Mus musculus</i>
3	Бурозубка звичайна	<i>Sorex araneus</i>	Пацюк сирій	<i>R. norvegicus</i>
4	Сліпак звичайний	<i>Spalacidae microphthalmus</i>	Вечорниця руда	<i>Myotis lucifugus</i>
5.	Сліпушонка звичайна	<i>Ellobius talpinus</i>	Собака	<i>Canidae</i>
6.	Ховрашок малий	<i>Cynomys pygmaeus</i>	Кішка	<i>Felidae</i>
7.	Мишовка степова	<i>Sicista subtilis</i>		
8.	Миша польова	<i>Muridae agrarus</i>		
9.	Звичайна польовка	<i>Microtinae arvalis</i>		
10.	Кріт європейський	<i>Talpa europaea</i>		
11.	Тхір степовий	<i>M. evermanni</i>		

Таблиця 2

## Видовий склад птахів

№ п/п	Птахи різнотравно ковилового степу	Латинська назва	Птахи міста	Латинська назва
1.	Канюк	Buteo buteo	Славка чорноголова	Sylvia atricapilla
2	Осоїд	Pernis apivorus L.	Славка садова	Sylvia borin
3.	Малий яструб	Accipiter nisus L.	Горобець хатній	Passer domesticus
4.	Степовий орел	Aquila nipalensis Hodgs	Славка сіра	Sylvia communis
5.	Могильник	Aquila heliaca Sav	Чорний стриж	Apus apus
6.	Степовий лунь	Circus macrourus Gm	Ластівка міська	Delichon urbica
7.	Сіра куріпка	Perdix perdix L.	Зеленяк	Chloris chloris
8.	Перепел	Coturnix coturnix L.	Коноплянка	Acanthis cannabina
9.	Дрофа	Otis tarda L.	Щиглик	Carduelis carduelis
10.	Малий жайворонок	Calandrella cinerea Gm	Горлиця звичайна	Streptopelia turtur
11.	Сірий жайворонок	Calandrella rufescens Viell	Грак	Corvus frugilegus
12.	Кам'яна плясуня	Oenanthe isabullynna Cretzschm	Сорока	Pica pica
13.			Ворона сіра	Corvus corone
14.			Галка	Corvus monedula
15.			Велика Синиця	Parus coeruleus
16.			Голуба Синиця	Parus caeruleus
17.			Буроголова гаїчка	Parus atricapillus
18.			Строкатий дятел	Picoides minor
19.			Середній дятел	Dendrocopos medius L

## Продовження табл. 2

20.			Трьохпалій дятел	Picoides tridactylus
21.			Соловейко східний	Luscinia luscinia
22.			Звичайна горихвістка	Phoenicurus phoenicurus
23.			Біла плиска	Motacilla alba
24.			Сіра сова	Strix aluco L
25.			Звичайна совка	Otus scops
26.			Канюк	Buteo buteo
27.			Шпак	Sturnus vulgaris L.

Таблиця 3

## Видовий склад плазунів

№ п/п	Плазуни різнотравно ковилового степу	Латинська назва	Плазуни міста (біля річок)	Латинська назва
1.	Ящірка прудка	Lacerta agilis	Вуж звичайний	Natrix natrix
2.	Гадюка степова	Vipera ursini	Гадюка звичайна	Vipera berus
3.	Полоз жовточеревий	Elapheg fodersata	Ящірка прудка	Lacerta agilis
4.	Вуж звичайний	Natrix natrix		

Таблиця 4

## Видовий склад комах

№	Комахи різнотравно ковилового степу	Латинська назва	Комахи міста	Латинська назва
1.	Тарган чорний	Blatta orientalis	Тарган рудий	Blattella germanica L.
2.	Красуня блискуча	Calopteryx splendens Harris	Красуня блискуча	Calopteryx splendens Harris
3	Лютка наречена	Lestes sponsa Hansem	Лютка наречена	Lestes sponsa Hansem
4	Стрілка наяда	Erythromma najas Hansem	Стрілка наяда	Erythromma najas Hansem

Продовження табл.4

5.	Коромисло синє	<i>Aeschna cyanea</i> Miill	Коромисло синє	<i>Aeschna cyanea</i> Miill
6.	Богомол звичайний	<i>Mantis religiosa</i> L.	Богомол звичайний	<i>Mantis religiosa</i> L.
7.	Дибка зелена	<i>Saga pedo</i>	Вуховертка звичайна	<i>Forficula auricularia</i> L.
8.	Пластинокрил-серпоносець	<i>Phaneroptera falcata</i> Poda	Пластинокрил-серпоносець	<i>Phaneroptera falcata</i> Poda
9.	Коник зелений	<i>Tettigonia viridissima</i> L.	Стрибун сирій	<i>Decticus verrucivorus</i> L.
10.	Стрибун сирій	<i>Decticus verrucivorus</i> L.	Цвіркун степовий	<i>Gryllus desertus</i> L.
11.	Акрида звичайна	<i>Acrida bicolor</i> Thnb	Пероїд голуб'ячий	<i>Goniocotes bidentatus</i> Scop
12.	Цвіркун степовий	<i>Gryllus desertus</i> L.	Акрида звичайна	<i>Acrida bicolor</i> Thnb
13.	Цвіркун польовий	<i>Gryllus Campestris</i> L.	Попелиця берестово-злакова	<i>Tetraneura ulmi</i> L.
14.	Сарана перелітна	<i>Locusta Migratria</i> L.	Щитівка яблунова комовидна	<i>Lepidosaphes ulmi</i> L.
15.	Трипс житній	<i>Limothrips denticornis</i> Halid	Щитівка тополева	<i>Quaraspidiotus gigas</i> Th et Gern.
16.	Паломена зелена	<i>Palomena prasina</i>	Клоп солдатик	<i>Pyrhocoris apterus</i>
17.	Щитник гостроплечий	<i>Carpocoris fuscispinus</i> Boh	Паломена зелена	<i>Palomena prasina</i>
18.	Ранатра	<i>Ranatra linearis</i>	Клоп шавлевий	<i>Coreus marginatus</i>
19.	Красотіл бронзовий	<i>Calosoma inquisitor</i> L.	Щитник гостроплечий	<i>Carpocoris fuscispinus</i> Boh

Продовження табл. 4

20.	Наривник чотирикрапковий	<i>Mylabris quadripunctata</i> L	Блошиця постільна	<i>Cimex lectularius</i> L
21.	Лептура червона	<i>Leptura rubra</i> L	Хрущик садовий	<i>Phyllopertha horticola</i> L
22.	Гнойовик звичайний	<i>Geotrupes stercorarius</i> L	Хрущ травневий	<i>Melolontha melolontha</i> L
23.	Медляк звичайний	<i>Blaps mortisaga</i> L	Бронзівка	
24.	Джміль земляний	<i>Bombus Terrestris</i> L	Усачик фруктовий	<i>Tetrops Praeusta</i> L
25.	Джміль степовий	<i>Bombus fragrans</i> Pall	Медляк звичайний	<i>Blaps mortisaga</i> L
26.	Шершень	<i>Vespa crabro</i> L.	Короїд непарний	<i>Anisandrus Dispar</i> F
27.	Оса звичайна	<i>Vespa vulgaris</i> L	Бджола свійська	<i>Apis mellifera</i> L.
28.	Оса паперова	<i>Polistes gallicus</i> L.	Оса паперова	<i>Polistes Gallicus</i> L
29.	Золотоочка звичайна	<i>Chrysopa vulgaris</i> Schn	Шершень	<i>Vespa crabro</i> L.
30.	Муха зелена падальна	<i>Lucilia caesar</i> L	Оса звичайна	<i>Vespa vulgaris</i> L
31.	Їздець метеорус	<i>Meteorus versicolor</i> Wesm	Комар довгоні шкідливий	<i>Tipula paludosa</i> Mg
32.	Комар довгоніг шкідливий	<i>Tipula Paludosa</i> Mg	Комар звичайний	<i>Culex pipiens</i> L
33.	Білан жилкуватий	<i>Aporia crataegi</i> L	Муха кімнатна	<i>Musca domestica</i> L
34.	Лимонниця	<i>Gonepteryx rhamni</i> L.	Їздець метеорус	<i>Meteorus versicolor</i> Wesm
35.	Голубянка ікар	<i>Lycaena icarus</i> Rott	Муха Синя м'ясна	<i>Calliphora vomitoria</i> L
36.	Жалібниця	<i>Vanessa antiopa</i> L.	Муха зелена падальна	<i>Lucilia caesar</i> L

Продовження табл. 4

37.	Павичеве око денне	<i>Vanessa io</i> L.	Міль яблунева	<i>Yponomeuta malinella Zell</i>
38.	Білан ріп'яний	<i>Pieris rapae</i> L.	Міль шубна	<i>Tinea Pellionella</i> L.
39.	Рябокрилка мінлива	<i>Araschnia levana</i> L.	Деревоточець пахучий	<i>Cossus cossus</i> L.
40.	Адмірал	<i>Pyrameis atalanta</i> L.	Плодожерка яблунева	<i>Laspeyresia pomonella</i> L.
41.	Чортополоховка	<i>Pyrameis cardu</i> L.	Білан капустяний	<i>Pieris brassicae</i> L.
42.	Кутокрилка С-біла	<i>Polygonia C-album</i> L.	Лимонниця	<i>Gonepteryx rhamni</i> L.

Аналіз таблиць 1,2,3,4 показує, що при створенні урбоекосистеми відбулися суттєві зміни у видовому складі природного зооценозу.

Сукупність особин одного виду на території міста Луганськ сгруповані в популяції та займають певну територію – ареал, в межах якого проходять усі етапи життєвого циклу особин.

В залежності від конфігурації ми виділили такі просторові типи ареалів: суцільний (стрічковий) ареал утворюють: качка, вуж, жаба; мозаїчний: оси, які риють, граки, канюк; плямистий: соловейко, щиглик.

У зв'язку з тим, що в окремі фази життєвого циклу особини деяких видів використовують різні частини ареалу у визначених цілях, ми виділили сезонні та екологічні модифікації сучасного ареалу:

\*репродукційний ареал утворюють перелітні птахи, метелики;

\*трофічний ареал утворюють птахи, що кочують (граки).

Постійний трофічний ареал утворюють тварини, що живуть біля осель людини.

Урбозооценоз м. Луганська перебуває в динаміці. Під дією антропогенного фактору відбувається зміна не тільки видового складу тварин, а і чисельність тварин, по рокам і сезонам року.

Зміна чисельності тварин викликається багатьма причинами.

Головними з них є:

1). безпосереднє знищення тварин деяких видів;

2). антропогенні зміни умов існування популяцій, видів, співтовариств.

В межах міста Луганськ на чисельність, екологію, фізичний стан тварин оказують дію не тільки абіотичні фактори, а ще численні антропогенні фактори.

Постійні пориви каналізаційних труб у Луганську сприяють збільшенню чисельності мікроорганізмів, зараженню ґрунтів яйцями круглих хробаків, що потім викликає захворювання тварин та сприяє зростанню чисельності тварин заражених паразитами. Накопичення побутових відходів на територіях між будинками також сприяє зростанню чисельності не тільки мікроорганізмів, а ще й мух, дрібних гризунів, голубів, бездомних кішок, собак.

На чисельність тварин, стан здоров'я тварин, які живуть у місті, прямо та посередньо впливають дію пестициди, гербециди, хімічні добрива, які застосовують на присадібних ділянках, газонах, та важкі метали.

Найбільш «металевий та пиловий прес» відчувають на собі тварини, які мешкають біля промислових підприємств міста (тепловозобудівного, трубопротного, акуму-

ляторного, цементного та ін.), крупних торгових центрів (особливо де торгують будівними матеріалами) та автомобільних шляхів.

Важкі метали потрапляють в організм тварин при диханні, з їжею, водою. В організмі важкі метали утримуються, накопичуються, як на фільтрі. Біоаккумуляція збільшується в харчовому ланцюгу. Тварини наступного трофічного рівня отримують більш високі дози важких металів та накопичують більш високі концентрації.

З кожним роком чисельність автомобільного транспорту у Луганську зростає. Під колесами різних транспортних засобів гине величезна кількість як безхребетних, так хребетних тварин. Але більш серйозною екологічною загрозою для тварин в місті Луганськ є забруднення атмосферного повітря викидами автомобільного транспорту. В процесі газообміну між організмом та атмосферою в організм тварин потрапляють токсичні речовини, які утворюються при згорянні палива: оксид вуглецю, оксиди азоту, незгорілі вуглеводні, діоксид сірки, сажа, сполучення свинцю, бенз(а)пирен, поліциклічні ароматичні вуглеводні.

Дія цих речовин на організм залежить від їхньої концентрації, вологості повітря, температури, пори року, часу доби, присутності інших речовин.

Дія діоксиду сірки на організм збільшується при присутності пилу в атмосфері. Після вибросу діоксид сірки в атмосфері перебуває на протязі двох тижнів, тобто за відсутності вітру його концентрація в повітрі з кожним днем збільшується. При великій відносній вологості повітря відбувається процес його окислення і перетворення на сірчану кислоту.

Вміст оксиду азоту в повітрі атмосфери на протязі доби не стабільний. Під дією сонячних променів він розщеплюється на кисень та закис азоту. При наяві вологи в повітрі та високій концентрації цієї речовини в атмосфері утворюється азотна і азотиста кислоти, які впливають на дихальну систему тварин та на їхній покрив тіла.

Таблиця 5

Вплив металів на стан здоров'я тварин

№ п/п	Назва металу	Вплив на комах	Вплив на птахів	Вплив на ссавців
1	Свинець	Знижує слух, сповільнює розвиток личинок	Викликає анемію, аритмію серця, знижує слух, сповільнює розвиток, порушує функцію полові системи.	Викликає анемію, аритмію серця, знижує слух, сповільнює розвиток, порушує функцію полові системи
2	Ртуть	Викликає пошкодження видільної системи накопичується в жировому тілі комах.	Викликає відмову нирок, серцеві набряки, накопичується в печінці, яєчках самців, вражає нервову систему.	Викликає відмову нирок, серцеві набряки, накопичується в печінці, яєчках самців, вражає нервову систему.
3	Миш'як	Вражає лімфу, впливає на швидкість обміну речовин	Вражає нирки, кров серцеві м'язи, зменшує проникнення кровоносних судин	Вражає нирки, кров, серцеві м'язи, зменшує проникнення кровоносних судин.



Продовження табл. 5

4	Кадмій	Вражає трахеї, спонукає появу мутантів.	Вражає нирки, легені, викликає анемію, змінює гени.	Вражає нирки, легені, викликає анемію, змінює гени.
5	Хром	Вражає органи дихання	Вражає органи дихання	Вражає органи дихання
6	Нікель		Викликає захворювання на рак бронхів, дерматити, вражає вегетативно-судинну систему	Викликає захворювання на рак бронхів, дерматити, вражає вегетативно-судинну систему

### **В и с н о в к и**

Таким чином, ми бачимо, що при створенні міста Луганськ (урбоєкосистеми) відбулося безпосереднє знищення диких тварин степу та не залишилося місця, придатного для перебування диких тварин степу. Розвиток урбоєкосистеми сприяв створенню нового зооценозу.

Загальне техногенне навантаження на навколишнє середовище призвело до корінних змін видового й популяційного складу фауни степу в межах території Луганська.

На території міста відсутні аборигени – ссавці, птахи, плазуни. Видовий склад птахів став більш різноманітним. Відсутність деяких видів рослин призвела до зменшення видів метеликів та їхньої чисельності в місті.

Перебуваючи в місті, усі тварини (дикі, домашні) відчують негативний техногенний вплив, який може визвати збільшення або зменшення чисельності особин в урбозооценозі.

### **Л і т е р а т у р а**

1. Клаусницер Б. Экология городской фауны: пер. с нем. – М.: Мир, 1990
2. Розенберг Г.С. Комплексный анализ урбоэкологических систем //Экология.-1993.-№4.-С13-19
3. Фисуненко О.П., Жадан В.И. Природа Луганской области. –Луганск, 1992

В статтє исследованы пути изменения природного зооценоза на урбозооценоз под влиянием антропогенного фактора, который является основным при создании урбоэкологической системы. В статтє приведены таблицы для сравнения видового состава природного зооценоза с видовым составом урбозооценоза

*Ключевые слова: зооценоз, урбозооценоз, эндемики, фитофаги, зоофаги, сапрофаги, ареал.*

С.Т. Сімененко. СНУ ім.В.Даля. Кафедра «Екологія», доцент, кандидат педагогічних наук.  
К.С.Циганок – здобувач.

Рецензент – Форошук В.П., кандидат біологічних наук, доцент

*Стаття подана  
15.08.2010*

Ушакова Н.Д., Москвиченко В.А.,  
Михалёва Е.С., Ушаков Ю.Г.,

Луганск

## ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ФИЛЬТРА РОТОРНОГО ТИПА

Приводится анализ систем пылеочистки. Разработана модель электромагнитного фильтра роторного типа, приводятся результаты исследования эффективности его работы. Рис. 4, ил.5, табл.1.

*Ключевые слова:* фильтр роторного типа, электромагнитная система, игольчатые концентраторы, ферромагнитные частицы, магнитное поле, пондеромоторная сила.

### Постановка проблемы

Развитие химической технологии и связанных с ней производств требует вовлечения большого разнообразия новых материалов, зачастую производство которых требует значительных капиталовложений [1;5].

Особое место в развитии химической технологии занимают производство и применение порошкообразных катализаторов. Их получение отличается трудоемкостью и значительными материальными и энергетическими затратами. С одной стороны, выбрасываемые в окружающую среду порошки теряются безвозвратно из-за несовершенства систем очистки воздуха, с другой – наносится значительный ущерб окружающей среде из-за высокого уровня ее загрязнения.

Часто порошковые материалы представлены тонкодисперсными фракциями, которые практически не улавливаются существующими средствами очистками. А современные высокоэффективные аппараты отличаются высокой стоимостью. Часто также порошкообразные материалы отличаются высокой токсичностью, что в значительной мере ставит проблему их улавливания на особое значимое место в развитии современного материального производства. Это требует разработки новых более прогрессивных, экономически целесообразных технических решений с точки зрения совершенствования самой технологии и разработки новых научных направлений.

### Анализ последних исследований и публикаций

В мировой практике для предотвращения выбросов часто используют аппараты и устройства, основанные на методе фильтрации. Для этой цели применяют тканевые, волокнистые, зернистые (фильтры с движущимся слоем, жесткие зернистые фильтры), керамические, металлокерамические, электрические и в последнее время магнитные фильтры.

Проведенный анализ их технических характеристик, технологических параметров, а также капитальных затрат показал, что для определенных целей в наиболее выгодном положении находятся фильтры на базе электрического и магнитного механизма улавливания.

Известно, что все материалы в природе обладают определенными физико-химическими свойствами, среди которых особо важное место занимают электрические и магнитные свойства.

Эти свойства и явились основой для разработки метода и средств высокоэффективной очистки воздуха.

По результатам проведенных исследований было установлено, что в мировой практике часто применяют для улавливания тонкодисперсных частиц рукавные фильтры, фильтры с зернистыми слоями. В табл. 1 представлены основные характеристики совре-

менных аппаратов тонкой очистки воздуха от пылевых выбросов: эффективность, гидравлическое сопротивление, энергетические затраты, масса стоимость очистки.

По результатам исследований можно судить о возможностях и перспективах того или иного методов очистки воздуха.

#### Цель статьи

Целью исследований явилась разработка высокоэффективных устройств, использующих эффект магнитной коагуляции. Магнитный метод находится на более выгодном положении, в сравнение с другими методами. За счет невысоких энергетических и капитальных затрат с высокими показателями эффективности улавливания [2;1].

Магнитный метод пылеулавливания основан на использовании ферромагнитных свойств улавливаемых материалов. Известно, что в химических технологиях широко используются катализаторы на базе железосодержащих материалов. Их применение достигает 30...40 %, в сравнении с другими порошками-катализаторами. В связи с тем, что их производство дорогостоящее мероприятие, высокая эффективность их улавливания представляет особый интерес. Основными параметрами порошков-катализаторов являются дисперсность частиц, содержание ферромагнитной компоненты, магнитная восприимчивость, коэрцитивная сила и т. д. Высокая эффективность удержания частиц в магнитном поле осуществляется за счет улавливания и частиц, не обладающих магнитными свойствами. Это происходит за счет того, что в начальный момент наложения магнитного поля в рабочем пространстве ферромагнитные частицы выстраиваются по силовым линиям поля, образуя фильтрующую «ткань» из самих частичек, которые фильтруют воздух, и частицы пыли с совершенно другими свойствами задерживаются этой тканью.

Таблица 1

Сравнительная характеристика параметров современных аппаратов тонкой очистки воздуха от пылевых выбросов

№ п/п	Тип аппарата	Эффективность очистки	Гидравлическое сопротивление	Энергозатраты	Масса	Стоимость очистки
		%	Па	кВт·ч на 1000м <sup>3</sup> очищаемого газа	кг	грн
1.	Рукавные фильтры	98,0...99,5	1000...3000	~0,2	12800...168700	6500...14000
2.	Зернистые фильтры: насыпные, с подвижным слоем,	99,8	500...1500	0,06...0,09	1500...3500	2000...3500
		98,0...99,2	700...1800	0,08...1,1	1200...2950	–
	жесткие фильтры,	98,4...99,4	900...2700	0,09...1,3	–	3000...4200

Продовження табл. 1

	керамические,	99,2...99,5	3700...4290	0,3...0,4	500	–
--	---------------	-------------	-------------	-----------	-----	---

	металлокерамические	99,2...99,6	3890...4470	0,3	600	–
3.	Электрические фильтры	99,9	150...200	0,1...0,5	14000...438890	5500...11000
4.	Магнитные фильтры	99,0...99,5	80...1910	0,02...0,09	200...5500	1500...2000

На рис.1 представлена модель фильтра роторного типа. Электромагнитные системы 7, установленные на корпусе фильтра 1, создают магнитное поле внутри рабочей зоны пространства между иглами-концентраторами на корпусе 1 и концентраторами 9 на вращающемся роторе 8, причём наибольшая величина напряжённости поля находится на остриях концентраторов. При вращательном движении ротора твёрдые частицы ориентируются вдоль силовых линий поля, намагничиваются, образуют цепочки и одновременно сами создают фильтрующее действие и способствуют захвату частиц, не имеющих магнитных свойств. В этом заключается эффект повышения пылеулавливающей способности фильтра.

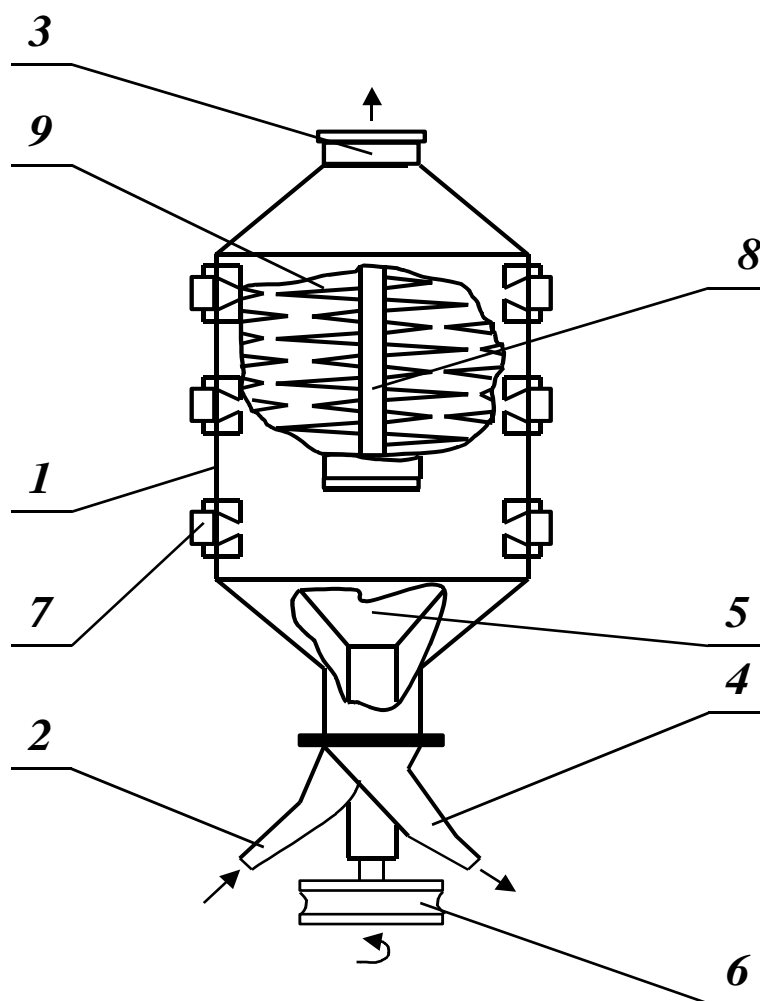


Рис. 1. Электромагнитный фильтр

#### Материалы и результаты исследований

Взаимодействие частицы и полюса магнитной системы характеризует пондеромоторная сила. Она может быть выражена в виде

$$F_p = m\chi\alpha\mu_0 H_0^2 e^{-2\alpha R}$$

Где m – масса частицы;

$\chi$  – магнитная восприимчивость материала частицы;

$\alpha$  – коэффициент неоднородности поля, равный  $\pi S$ ;

S – шаг полюсов;

$\mu_0$  – магнитная проницаемость;

$H_0$  – напряжённость поля магнитной системы;

R – расстояние от частицы до полюса.

В зависимости от массы (размеров) частицы на её движение в поперечном сечении фильтра будут оказывать влияние силы, схема которых изображена на рис.2.[3;4].

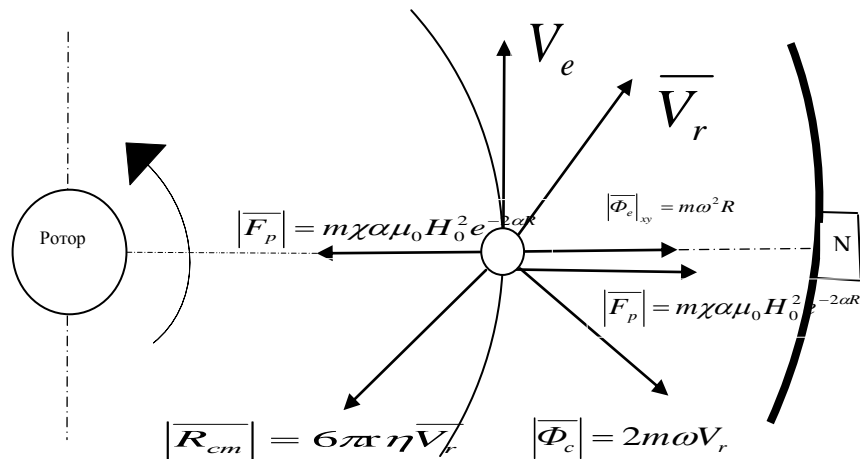


Рис.2. Схема сил, действующих на частицу в поперечном сечении фильтра:

центробежная сила

$$\left| \overline{\Phi_e} \right| = m\omega^2 R$$

сила Стоксовского сопротивления среды;

$$\left| \overline{R_{cm}} \right| = 6\pi\eta\overline{V_r}$$

сила инерции Кориолиса;

$$\left| \overline{\Phi_c} \right| = 2m\omega V_r$$

сила притяжения магнитной системы (Пондеромоторная сила);

$$\left| \overline{F_p} \right| = m\chi\alpha\mu_0 H_0^2 e^{-2\alpha R}$$

Где  $V_r$  – относительная скорость;

$V_e$  – переносная скорость;

$V_a$  – абсолютная скорость;

$\omega$  – угловая скорость;

$\eta$  – вязкость среды.

Следует отметить, что сила Кориолиса способствует смещению частиц к оси (ротору) фильтра, тогда как Стоксовская сила сопротивления способствует смещению частиц к острию концентратора.

На схеме действующих сил (см. рис.2) конденсаторная сила  $\overline{F_p} = m\chi\alpha\mu_0 H_0^2 e^{-2\alpha R}$  совпадает с действием центробежной силы  $\overline{\Phi_e} = m\omega^2 R$ , в результате чего эффект увеличения частицы к периферии фильтра усиливается. Вследствие чего увеличивается эффективность пылеулавливающей способности фильтра.

На кафедре «Экология» ВНУ был разработан фильтр роторного типа, использующий метод магнитной сепарации. Устройства разработаны с учетом особенности технологии и физико-химических свойств катализаторов никеля, кобальта и железа.

Электромагнитный фильтр состоит из корпуса 1, входящего патрубка 2, соединенного с конфузором 5, снабженный в свою очередь распределительными лопатками, обеспечивающими равномерное распределение пылегазового потока по всему рабочему объему фильтра.

Внутри фильтра по его оси установлен концентратор 8 игольчатого типа, выполненный из магнитомягкого материала. Корпус фильтра 1 выполнен из магнитопроницаемого материала и снабжен 10-ю электромагнитами, работающими в режиме коммутации. С внутренней стороны корпуса 1 установлены также игольчатые концентраторы, выполненные из магнитомягкого материала. Электромагнитный фильтр снабжен приводом, обеспечивающим вращение игольчатого концентратора, причем вращение последнего осуществляется в импульсном режиме.

Устройство работает таким образом: запыленный газовый поток поступает в корпус 1 через входящий патрубок 2, в рабочей зоне пылегазовый поток подвергается воздействию электромагнитного поля от электромагнитов 7. Магнитный концентратор игольчатого типа распределяет и концентрирует магнитный поток по всему объему. Твердые частицы катализатора осаждаются на иглах концентратора, для регенерации которого используется импульсное поле, которое отбивает частицы к периферии цилиндрического корпуса 1. Попав в зону намагничивающего действия электромагнитной системы 7, пылевые частицы осаждаются на полюсах, образуя наросты, которые удаляются за счет применения режима работы «бегущего поля».

По результатам исследований установлено, что высокая эффективность может быть достигнута даже при незначительном содержании в пылевом потоке ферромагнитных частиц. Так, например, при содержании 7...10 % ферромагнитных включений эффективность очистки может быть достигнута 95...98 % при напряженности магнитного поля  $15 \cdot 10^3$  А/м.

На рис. 3 представлена зависимость эффективности улавливания железных катализаторов от напряженности магнитного поля и содержание магнитной компоненты в запыленном потоке. Наибольшая эффективность достигнута при содержании FeO от 50 до 70 %.

На рис. 4 представлен график зависимости эффективности очистки воздуха от напряженности магнитного поля. Исследования проводились с изменением скорости вращения ротора при 12, 54 и 90 мин<sup>-1</sup>. Как видно из графика наибольшая эффективность достигнута при скорости 54 мин<sup>-1</sup>. Это можно объяснить таким образом: иглы вращающегося ротора попадают в зазор между иглами статора, и в момент наибольшего приближения игл друг к другу наводится наибольший потенциал ЭДС, твердые частицы в этот момент получают наибольшую величину заряда. При дальнейшем вращении ротора иглы удаляются друг от друга, а образовавшиеся агрегаты поворачиваются в сторону вращения и захватывают последующие осажденные агрегаты. Таким образом, непрерывное колебание и перемещение осажденных агрегатов способствует захвату немагнитных фракций и их задержанию общим потоком.

Максимальная эффективность улавливания при скорости 54 мин<sup>-1</sup> объясняется физико-химическими свойствами материала пылевидных катализаторов.

Результаты исследования показали, что эффективность улавливания порошков-катализаторов составила: железных – 98...99,5 %, никелевых – 87...94 %, кобальтовых – 90...94,5 %.

Результаты исследований и материалы ранее не публиковались.

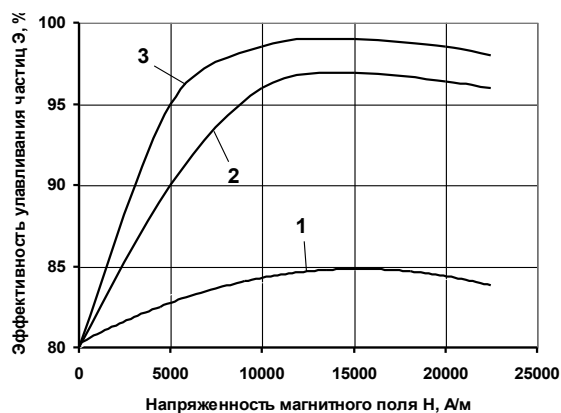


Рис. 3. Зависимость эффективности очистки воздуха от напряженности магнитного поля фильтра:

- 1 — при содержании ферромагнитных частиц 2...3 %;
- 2 — при содержании ферромагнитных частиц 7...10 %;
- 3 — при содержании ферромагнитных частиц 50...70 %.

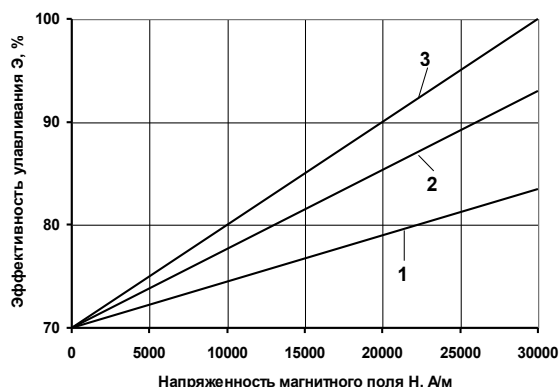


Рис. 4. Зависимость эффективности очистки воздуха от напряженности магнитного поля фильтра:

- 1 — при скорости вращения ротора 12 мин<sup>-1</sup>;
- 2 — при скорости вращения ротора 90 мин<sup>-1</sup>;
- 3 — при скорости вращения ротора 54 мин<sup>-1</sup>.

### Выводы

Фильтр роторного типа состоит из цилиндрического корпуса, с внешней стороны которого установлены неподвижно электромагнитные системы, работающие в режиме «бегущего» и «вращающегося» магнитного поля.

Цилиндрический корпус фильтра изнутри снабжён игольчатыми концентраторами.

Ротор имеет возможность вращаться вокруг оси и также снабжён игольчатыми концентраторами, причём ротор имеет диапазон вращения от 12 мин<sup>-1</sup> до 54 мин<sup>-1</sup>.

Получены зависимости эффективности очистки воздуха от напряжённости магнитного поля фильтра и скорости вращения ротора.



### Литература

1. Старк С.Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве. Металлургия 1990.
2. Товстоухатко В.И. Магнитные пылеуловители – К.: «Вища школа», 1985.
3. Ушаков Ю.Г., Харьковский Б.Т., Солодовник М.Д. Испытание различных методов регенерации при магнитном пылеулавливании. Промышленная и санитарная очистка газов №9. ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ – Мю, 1984.
4. Смирный М.Ф., Харьковский Б.Т., Ушаков Ю.Г. Исследование высокоэффективной очистки газов от пыли и порошкообразных материалов. №1 Сборник ВНУ им. В.Даля «Экология» -, 2001 г. Луганск
5. Нестеров А.П., Степанюк А.Г. Исследование процесса улавливания высокодисперсных частиц в зернистом слое. Киев, 1994 г.

Наводиться аналіз систем пилоочищування. Розроблена модель електромагнітного фільтра роторного типу, наводяться результати дослідження ефективності його роботи.

Рис.4, дж.5, табл.1

*Ключові слова: фільтр роторного типу, електромагнітна система, ігольчасті концентратори, феромагнітні частки, магнітне поле, пондеромоторна сила.*

There are the analysis systems of dust-clean. Created the model of electromagnetic rotary filter type, the results of research are the effectiveness of its work. Fig. 4, source 5, Table 1.

*Rotary filter type, electromagnetic system, needle hubs, ferromagnetic particles, magnetic field, ponderomotive force.*

Ушакова Н.Д. – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра «Екологія», асистент.

Москвиченко В.О. - Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра «Екологія», студент СНУ ім. В.Даля

Міхальова Є.С. - Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра «Екологія», студентка СНУ ім. В.Даля.

Ушаков Ю.Г. – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра «Екологія», доцент.

Рецензент: Касьянов Н.А., проф., д.т.н.

*Стаття подана  
20.09.2010*

**ШЕМАЯ АЗОВСКАЯ *ALBURNUS LEOBERGI* FREYHOF ET KOTTELAT, 2007 –  
КРАСНОКНИЖНЫЙ ВИД ИХТИОФАУНЫ БАССЕЙНА СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ  
РЕКИ СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ**

Уточнен видовой статус и ареал шемаи, обитающей в реке Северский Донец, протекающей по территории Луганской области. Приводятся результаты морфометрического анализа рыб. Шемая азовская *Alburnus leobergi* Freyhof et Kottelat, 2007 занесена в Красную книгу Украины и встречается в бассейне среднего течения р. Северский Донец. Рис. 2, табл. 1, ил. 13.

*Ключевые слова:* ихтиофауна, особо-охраняемый вид, ареал, вид, Красная книга Украины.

Шемая - одна из самых ценных рыб бассейна Азовского моря. Русское название «шемая» происходит от персидского «шах-май», что значит – «царская рыба».

Целью нашего исследования было уточнение видового статуса шемаи, обитающей в р. Деркул, поскольку в результате последней ревизии систематический статус ранее известных подвигов был изменен [12], изучение морфометрических параметров одного из представителей ихтиофауны р. Северский Донец шемаи азовской (рис. 1), занесенной в Красную книгу Украины как уязвимый вид [7], и уточнение ее ареала.



Рис. 1. Шемая азовская *Alburnus leobergi* (фото А.Н.Матвеева)

Отряд: *Sypriniformes* – Карпообразные  
Семейство: *Syprinidae* – Карповые  
Подсемейство *Leuciscinae* – Ельцовые  
Род: *Alburnus* Rafinesque, 1920 – Веховодка  
Вид: *A. leobergi* Freyhof et Kottelat, 2007

Шемая азовская *A. leobergi* была совсем недавно выделена в самостоятельный вид [12]. Среди вида шемаи *Chalcalburnus chalcoides* (Guldenstadt) выделяли несколько подвигов, среди которых наиболее близкие ареалы имели шемая крымская *C. chalcoides mentoides* (Kessler) и шемая днепровско-азовская *C. chalcoides schischkovi* Drensky [2, 3, 5, 6]. Известный их ареал ограничивался только черноморско-азовским регионом и, впадающими в него реками, включая Дон. Так, еще Л.С. Берг, различал в Азовском море высокотелую и низкотелую формы *C. chalcoides schischkovi*, встречающихся только в реках Северного Приазовья [2]. Однако вопрос о систематическом положении черноморских и азовских форм шемаи может быть окончательно решен только в результате детального морфометрического изучения.

В Северском Донце шемая впервые была обнаружена еще в 50-х годах 19 столетия [8, 11]. Затем эти данные были подтверждены уже в 50-х годах 20 столетия Сахно (1940), Коротким и Харитоновой (1958), Троицким (1974) [9]. Уже тогда шемая была

редкой для р. Дон и р. Северский Донец [2, 8]. После полного зарегулирования Северского Донца в 60–70-х годах ареал шемаи сократился и ограничился лишь нижней частью бассейна среднего течения Северского Донца [4]. Ранее в литературе для бассейна среднего течения р. Северский Донец приводился вид *Chalcalburnus chalcoides mento* Agass [4]. В то же время в новом издании Красной книги Украины ареал шемаи азовской ограничен только Азовским морем [7].

Морфометрический анализ 12 экземпляров рыб, пойманных рыбаками - любителями в июне на р. Деркул, осуществлялся по стандартной методике [2, 6, 13], данные которого приведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения морфометрических показателей шемаи азовской

Морфометрические показатели	Минимальное и максимальное значения, lim	Среднее значение, M	Ошибка средней, ± m	Доля признака в SL или с*, %
<b>Пластические признаки, мм</b>				
Абсолютная длина тела, TL	159–244	225	6,4	—
Длина тела (без хвостового плавника), SL	134–203	188	5,2	100
Длина хвостового стебля, fd	28–42	38	1,1	19–22
Наибольшая высота тела, H	30–47	41	1,6	18–23
Наименьшая высота тела (высота хвостового стебля), h	12–18	16	0,5	8–10
Антедорсальное расстояние, aD	70–112	102	3,0	52–58
Постдорсальное расстояние, pD	52–81	72	2,5	33–40
Длина основания спинного плавника, lD	15–20	20	0,5	10–12
Высота спинного плавника, hD	21–33	31	0,9	15–17
Длина грудного плавника, lP	25–39	35	1,8	18–20
Расстояние между грудным и брюшными плавниками (пектроевентральное), P-V	34–56	49	1,7	25–28
Расстояние между брюшным и анальным плавниками (вентроанальное), V-A	30–46	41	1,4	19–24
Длина головы, с	29–42	39	1,0	19–22
Высота головы у затылка, hc	19–29	26	0,8*	62–74*
Длина рыла, r	8–12	10	0,3*	24–30*
Диаметр глаза, o	9–11	10	0,2*	23–31*
Заглазничный промежуток, po	14–20	18	0,5*	42–50*
Высота лба, ho	3–4	4	0,1*	10–11*
Ширина лба, io	9–13	12	0,3*	29–33*
<b>Меристические признаки, шт.</b>				
Кол-во жаберных тычинок на первой жаберной дуге, sp. br.	24–28	26	0,4	—
Кол-во неразветвленных и разветвлённых лучей в спинном плавнике, С	2+(9–11)	2+10	0,2	—
Кол-во неразветвленных и разветвлённых лучей в анальном плавнике, А	3+(15–17)	3+16	—	—
Кол-во неразветвленных и разветвлённых лучей в грудном плавнике, Р	1+13	1+13	—	—
Количество чешуй в боковой линии, l.l.	49–68	61	1,4	—

Ошибка среднего значения признака вычислялась по формуле выборочного среднеквадратичного отклонения среднего значения:

$$m = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n_1(n - 1)}} \quad (1)$$

где  $x$  – выборочное значение;  $\bar{x}$  – среднее арифметическое значение;  $n$  – размер выборки;  $n_1$  – количество точек замера.

Деркул – река, протекающая по территории Луганской области (Украина) и по границе Ростовской области (Россия), является одним из наиболее крупных левых притоков Северского Донца. Длина ее составляет 165 км, площадь бассейна – 5180 км<sup>2</sup>. Берёт начало на западном отроге Донской гряды, протекает по волнистой равнине. Коренной правый берег преимущественно крутой, обрывистый [1]. Места поймок шемаи азовской отмечены на рис. 2.

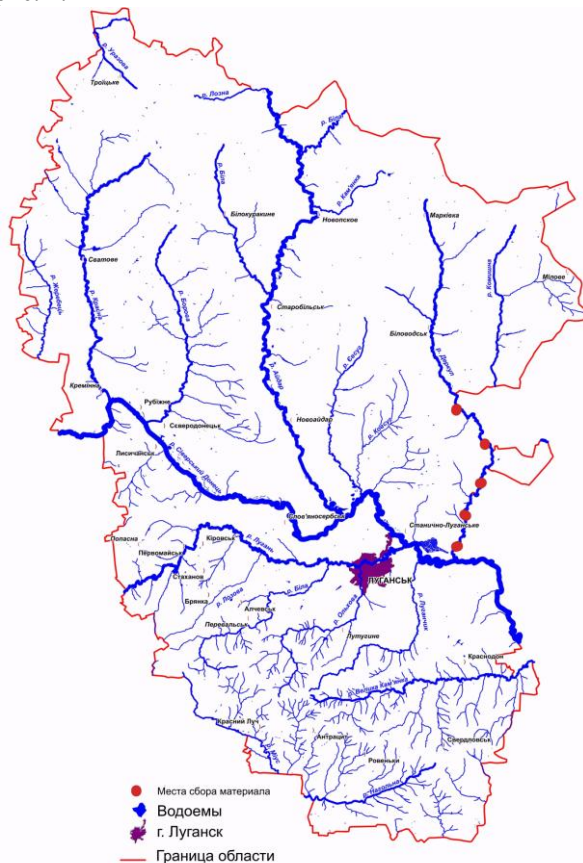


Рис. 2. Места лова шемаи азовской

По своему внешнему виду шемая похожа на укляку, а по образу обитания сходна с рыбцом. У нее удлиненное тело, покрытое плотно сидящей чешуей, голова небольшая, рот конечный. Шемая – небольшая рыба: вес ее обычно во взрослом состоянии около 160 г, однако отдельные особи достигают и 350 г, длина тела – от 17 до 28 см, иногда и более. Может жить как в соленых, так и в пресных водах. Основным кормом для шемаи служит планктон, но также может употреблять в пищу насекомых, остатки водорослей, мальков других рыб. В местах нагула и в местах размножения держится в толще воды и у ее поверхности [10]. Тело удлиненное, сильно сжатое с боков. На брюхе есть киль, не полностью покрытый чешуей. Анальный плавник начинается позади вертикальной линии, проведенной через основание последнего спинного луча. Чешуй в боковой линии 54 – 64. На первой жаберной дуге 24 – 28 длинных густых жаберных тычинок. Продолжительность жизни 5 – 6 лет. Спина темно-серая или буроватая с зеленоватым или синеватым оттенком, бока серовато-серебристые с зеленоватым отблеском, брюхо серебристо-белое, все плавники сероватые [2, 7, 13].

Миграция начинается или осенью (в конце августа – сентября), или ранней весной (с конца февраля или в марте – апреле). В период нерестовых миграций у шемаи появляется брачный наряд: у самцов на голове – мелкие бугорки, а у самок – удлиняется нижняя челюсть, на конце которой вырастает бугорок. После окончания нереста брачный наряд исчезает. Хотя, по нашим наблюдениям, бугорки у самцов сохраняются и по-

сле нереста. Следовательно, это признак половозрелых самцов. Половой зрелости достигает в возрасте 2, но преимущественно 3 – 4 лет (самки на год позже). Размножение продолжается с конца апреля до начала июня при температуре воды 15–26 °С. Плодовитость до 24 тыс. икринок. Икра клейкая, откладывается двумя порциями на участках с чистой водой, быстрым течением и каменистым грунтом. Нерестится шема в сумерках или ночью. После нереста шема скатывается в море на нагул [2, 7, 13].

Достоверных сведений о численности популяции нет. Очень малочисленна в Азовском море из-за сокращения типичных биотопов в результате изменения гидрологического, химического, биологического режимов водоемов, вследствие гидротехнического строительства, загрязнения воды и чрезмерного вылова.

Встречаемость шема в азовской значительно уменьшилась по сравнению с прошлыми десятилетиями. Этот особо-охраняемый вид как уязвимый занесен в Красную книгу Украины.

Для определения видов рода верховодка *Alburnus*, встречающихся в бассейне Черного и Азовского морей и ранее описываемых видов в водах Украины, была составлена в соответствии с последней ревизией [12, 13] следующая определительная таблица.

Т а б л и ц а 2

Определительная таблица видов рода верховодка *Alburnus* бассейна Черного и Азовского морей

1(2)	Начало анального плавника находится позади от уровня основания последнего луча в спинном плавнике (если на уровне, то в боковой линии 54–69+4 чешуи). <b>2</b>
1(2)	Начало анального плавника находится на уровне основания 4–6 ветвистого спинного луча. 17–20½ разветвленных лучей в анальном плавнике. <b><i>A. alburnus</i> — верховодка обыкновенная</b>
2(1)	13–17½ разветвленных лучей в анальном плавнике..... <b>3</b>
2(2)	17–20½ разветвленных лучей в анальном плавнике. Обитает в устьевой части Дунай..... <b><i>A. danubicus</i> — шема дунайская</b>
3(1)	24–35 тычинок на первой жаберной дуге. Анальный плавник имеет 15–17½ разветвленных лучей и начинается на 1½–2½ чешуйки позади от уровня основания последнего луча в спинном плавнике. На лбу многочисленные маленькие кожные бугорки у половозрелых самцов <b>4</b>
3(2)	18–27 тычинок на первой жаберной дуге. На лбу немногочисленные крупные кожные бугорки у половозрелых самцов (только у <i>A. mento</i> они маленькие)..... <b>5</b>
4(1)	27–34 тычинок на первой жаберной дуге. Обитает в северо-западной части Черного моря..... <b><i>A. sarmaticus</i> — шема черноморская</b>
4(2)	24–28 тычинок на первой жаберной дуге. Обитает в Азовском море. <b><i>A. leobergi</i> — шема азовская</b>
5(1)	Высота хвостового стебля составляет 1,7–1,9 раза в его длине. Обитает в реках Крыма..... <b><i>A. mentoides</i> — шема крымская</b>
5(2)	Высота хвостового стебля составляет 1,8–3,0 раза в его длине..... <b>6</b>
6(1)	15–17½ разветвленных лучей в анальном плавнике, который начинается на 1½–2½ чешуйки позади от уровня основания последнего луча в спинном плавнике. Длина хвостового стебля составляет 16–19% стандартной длины (SL). Обитает в верховье бассейна Дуная (субальпийские озера Германии и Австрии). <b><i>A. mento</i> — шема дунайская</b>
6(2)	13–15½ разветвленных лучей в анальном плавнике. 63–67+4 чешуи в боковой линии. 21–27 тычинок на первой жаберной дуге. Длина головы составляет 21–26%, антидорсальное расстояние – 55–58%, длина хвостового стебля – 18–21% стандартной длины (SL). Обитает в реках Резова (Турция) и Велека (Болгария). <b><i>A. schischkovi</i> — шема резовская</b>

Руководствуясь данной определительной таблицей и проанализировав имеющиеся данные морфометрических показателей, можно однозначно убедиться, что в изучаемом регионе встречается шемая азовская *A. leobergi*, ранее описываемая как *C. chalcoides schischkovi* [2] и *C. chalcoides mento* [4, 6]

#### Выводы

Таким образом, в результате проведенного исследования установлено, что в бассейне среднего течения реки Северский Донец обитает шемая азовская *Alburnus leobergi*, вид занесенный в Красную книгу Украины как уязвимый. Поэтому следует считать, что ареал ее обитания значительно шире, чем предполагалось ранее.

#### Література

1. Арапов О.А., Сова Т.В., Ференц В.Б., Природно-заповідний фонд Луганської області. Довідник, 2-е вид., доп. та перероб. – Луганськ.: ВАТ «ЛЮД», 2008. – 168 с. іл.
2. Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. ч.2, 4-е изд. – М.–Л.: Издательство АН СССР, 1949. – с. 469–925.
3. Богуцкая Н.Г., Насека А.М. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 380с.
4. Денщик В. А. Фауна рыб бассейна среднего течения Северского Донца. Препринт. Ин-т зоологии НАНУ.– Киев, 1994.– 40 с.
5. Дирипаско О. А., Изергин Л. В., Яновский Э. Г., Демьяненко К. В. Определитель рыб Азовского моря. – Бердянськ, 2001. – 107 с.
6. Мовчан Ю.В., Смирнов А.І. Фауна України. т.8. Риби, вип.2. Коропові. ч. 2: Шемая, верховодка, бистрянка, плоскирка, абрамис, рибець, чехоня, гірчак, карась, короп, гіпофталмійтис, аристіхтис. – Київ: Наукова думка, 1983. – 360 с.
7. Червона книга України. Тваринний світ /за ред. І. А. Акімова/ – К.: Глобалконсалтинг, 2009.– 600 с.
8. Чернай А. Фауна Харьковской губернии и прилежащих к ней мест. – Харьков: Университетская тип., 1852. – Вып.1. – 19–49 с.
9. Шандиков Г. О., Гончаров Г. Л., Рідкісні види риб басейну Сіверського Дінця Північно-східної України. – Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: біологія.– 2008.– Вип. 8.– 65–90 с..
10. Щербуха А. Я. Риби наших водоем, 2-ге видання, доп. – К.: Рад. Шк., 1987.– 159 с.
11. Czernay A. Beiträge zur Fauna des Charkowschen und der anliegenden Gouvernements // Bull. Soc. Natur. – Moscou. – 1850. – Vol.23 (2). – p. 603–634.
12. Freyhof J., Kottelat M. Review of the *Alburnus mento* species group with description of two new species (*Teleostei: Cyprinidae*) // Ichthyological Exploration of Freshwaters. – 2007. – Vol.18 (3). – p. 213–225
13. Kottelat M., Freyhof J. Handbook of European freshwater fishes.– Berlin, Germany.– 2007.– p. 647.

Уточнили видовий статус та ареал шемаї, що живе в річці Сіверський Донець, яка протікає територією Луганської області. Наводяться результати морфометричного аналізу риб. Шемая азовська *Alburnus leobergi* Freyhof et Kottelat, 2007 занесена до Червоної книги України і зустрічається в басейні середньої течії р. Сіверський Донець. Рис. 2, табл. 1, дж. 13.

*Ключові слова:* іхтіофауна, вид, що особливо охороняється, вид, ареал, Червона книга України.

Specific status and natural habitat of shemaya, dwelling in the river Severskiy Donets is specified, to the flowing on territory Lugansk area. Led results of morphometric analysis of finfishess. Shemaya azovskaya *Alburnus leobergi* Freyhof et Kottelat, 2007 added to the Red book of Ukraine and there is Severskiy Donets in the pool of middle flow. Fig. 2, table. 1, source 13.

*Conclusions: ikhtiofauna, especially-guarded kind, natural habitat, kind, Red book of Ukraine.*

- Матвеев А. Н. – Восточноукраинский национальный университет имени В. Даля, ассистент кафедры «Экология».
- Форошук В. П. – Восточноукраинский национальный университет имени В. Даля, доцент кафедры «Экология», доц., к.б.н.

Рецензент: Игнатов О. Р., доц., к.т.н.

*Статья подана  
9.07.2010*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ САЖЕВОГО ФИЛЬТРА АВТОМОБИЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ

Приводятся методика и результаты расчетно-теоретического исследования термической регенерации сажевого фильтра автомобильного дизеля. На основе полученных результатов обоснована схема сажевого фильтра и определены режимы его регенерации. Рис. 5, ист. 4.

*Сажевый фильтр, термическая регенерация, расход газа через фильтр, продолжительность регенерации, температура регенерации*

### Постановка проблемы

Важной задачей современности является снижение количества вредных выбросов с отработавшими газами (ОГ) автомобилей. ОГ автомобилей содержат огромное количество вредных веществ, наиболее существенными из которых являются оксиды азота, твердые частицы (сажа), оксид углерода, углеводороды, соединения серы. Твердые частицы (ТЧ) являются одним из основных компонентов дизельных автомобилей. Анализ состава ОГ, выполненный по методике определения приведенной массы вредного выброса, показал, что на долю ТЧ приходится более 40 % суммарной токсичности отработавших газов эксплуатируемых в Украине дизельных автомобилей [1]. ТЧ оказывают широкий спектр негативных воздействий на окружающую среду и человека, в том числе способствуют возникновению онкологических заболеваний [2]. Выполнение современных, и тем более перспективных норм на выбросы ТЧ дизельными автомобилями только путем воздействия на рабочий процесс двигателя практически невозможно. Для этого необходимо улавливание ТЧ с помощью сажевых фильтров (СФ), устанавливаемых в выпускной системе двигателя. Наиболее простыми и в то же время достаточно эффективными и надежными являются механические СФ, в которых улавливание ТЧ осуществляется пористым слоем фильтрующего материала. Однако при эксплуатации СФ возникает проблема, связанная с заполнением фильтрующего материала уловленными частицами, что резко сокращает срок службы фильтра и ухудшает эффективные показатели дизеля. Поэтому обеспечение регенерации сажевых фильтров является актуальной задачей, решение которой позволит обеспечить их широкое внедрение в эксплуатацию.

### Анализ последних исследований и публикаций

Существуют различные способы регенерации сажевых фильтров [3], среди которых наиболее простым и надежным представляется термическая регенерация. Сущность ее заключается в том, что при температуре ОГ выше 550 °С ТЧ начинают выгорать за счет остаточного кислорода, всегда содержащегося в отработавших газах дизелей. Однако в условиях эксплуатации дизельного автомобиля такие температуры ОГ не достигаются или достигаются крайне редко и непродолжительно, что не обеспечивает саморегенерации СФ. Поэтому для осуществления регенерации фильтра необходимо обеспечить нагрев ОГ до необходимой температуры. Это может осуществляться различными способами, но проще всего использовать электронагрев. Расчеты, проведенные применительно к автомобильному дизелю КамАЗ, показали, что необходимая для этого мощность электронагревателя зависит от режима работы двигателя и колеблется в интервале 30...60 кВт [4]. Такая мощность не может быть обеспечена на борту работающего автомобиля, не только потому, что ее не может обеспечить электрооборудование автомобиля и потому, что необходимая для регенерации СФ мощность соизмерима с мощностью двигателя. Поэтому подобные схемы регенерации могут использоваться только как стационарные с питанием от промышленной электросети, а регенерация осуществляется в



гадже с помощью специальной установки, обычно после окончания рабочей смены. Обеспечить выработку сажеемкости фильтра к определенному моменту времени невозможно, поэтому регенерация производится чаще, чем это необходимо, что приводит к перерасходу электроэнергии и увеличению трудоемкости.

#### Цель статьи

В данной работе выполнялось расчетно-теоретическое исследование регенерации СФ, состоящего из двух параллельно работающих фильтрующих элементов 3 (см. рис. 1). Регенерация фильтрующих элементов осуществляется поочередно. Во время регенерации с помощью соответствующего регулирующего крана 2 расход ОГ через регенерируемый элемент уменьшается до величины  $G_{огр}$ . При этом другой элемент продолжает работать в форсированном режиме фильтрации, так как расход ОГ через него увеличивается. Для повышения температуры ОГ на входе в регенерируемый элемент до температуры начала регенерации  $T_{нр} = 870 \dots 970 \text{ K}$  включается установленный на входе в него электронагревательный элемент 1.

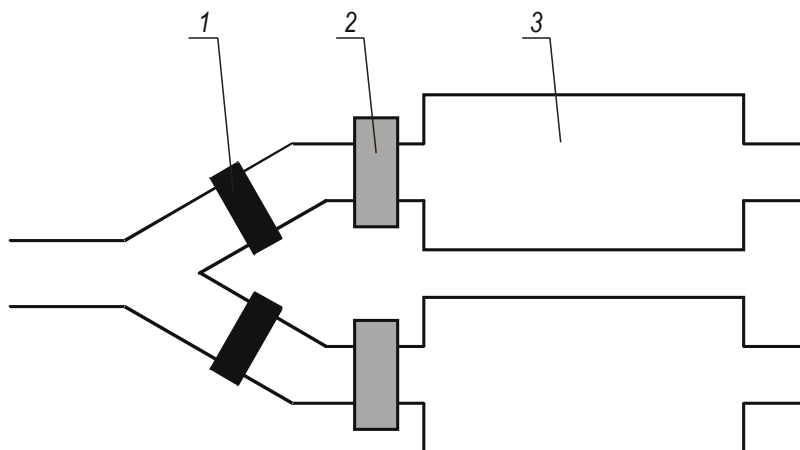


Рис. 1. Схема регенерации сажевого фильтра:  
1 — регулирующий кран; 2 — электронагреватель; 3 — фильтрующий элемент

Очевидно, что протекание процесса регенерации фильтрующего элемента будет зависеть от расхода ОГ через него и режима работы дизеля. Целью данных исследований было определение влияния этих факторов на процесс регенерации, определение оптимального расхода газов через регенерируемый элемент и оценка возможности использования указанной схемы для регенерации СФ в ходе эксплуатации автомобиля.

#### Материалы и результаты исследований

В качестве исходных для исследования данных использовались характеристики автомобильного дизеля КамАЗ-740М. Содержания ТЧ в фильтрующем элементе перед регенерацией принималось на основании литературных и экспериментальных данных  $m_{\phi} = 0,5 \text{ кг}$ . Методика расчета заключалась в следующем.

Мощность нагрева

$$P_n = G_{огр} C_{рм} \left|_{T_{ог}}^{T_{нр}} (T_{нр} - T_{ог}) \right., \text{ кВт}, \quad (1)$$

где  $G_{огр}$  — расход ОГ через регенерируемый фильтрующий элемент,  $\text{кг/с}$ ;  
 $T_{ог}$  — температура ОГ перед нагревателем, К; определяется режимом работы двигателя;

$C_{рм} \left|_{T_{ог}}^{T_{нр}} \right.$  — средняя (в интервале температур  $T_{ог} \dots T_{нр}$ ) массовая изобарная теплоемкость ОГ,  $\text{кДж}/(\text{кгК})$ .

Учитывая, что ТЧ примерно на 94 % состоят из углеродной (75 %) и органической (19 %) фракций, было принято допущение, что процесс регенерации заключается в горении углерода. При этом основополагающей реакцией является реакция полного окисления углерода:



Тогда масса кислорода, необходимая для выгорания  $m_\phi$  кг сажи, которая находится в фильтрующем элементе перед регенерацией

$$M_{\text{O}_2\text{p}} = \frac{32}{12} m_\phi = \frac{8}{3} m_\phi, \text{ кг}. \quad (3)$$

Такое количество кислорода содержится в следующей массе ОГ

$$M_{\text{OГp}} = M_{\text{O}_2\text{p}} / g_{\text{O}_2}, \text{ кг}, \quad (4)$$

где  $g_{\text{O}_2}$  — массовая доля  $\text{O}_2$  в ОГ, кг/кг.

Массовая доля кислорода в ОГ может быть определена по известной зависимости

$$\left( g_{\text{O}_2} = r_{\text{O}_2} \frac{\mu_{\text{O}_2}}{\mu_{\text{OГ}}} \right), \quad (5)$$

где  $r_{\text{O}_2}$  — объемная доля  $\text{O}_2$  в ОГ;

$\mu_{\text{O}_2}$  и  $\mu_{\text{OГ}}$  — молярные массы, соответственно,  $\text{O}_2$  и ОГ.

Объемная доля кислорода в ОГ на различных режимах работы дизеля может быть определена по известному, для данного режима, коэффициенту избытка воздуха  $\alpha$  по формуле

$$r_{\text{O}_2} = \frac{0,21 \cdot (\alpha - 1) \cdot (0,79 + \beta)}{\alpha \cdot (0,79 + \beta) - 0,21 \cdot \beta}, \quad (6)$$

где  $\beta$  — характеристика топлива, определяемая как

$$\beta = 2,37 \frac{\text{H} - \frac{\text{O}}{8}}{\text{C}}, \quad (7)$$

где С, Н и О — массовая доля в топливе соответственно углерода, водорода и кислорода.

Для поступления в фильтрующий элемент необходимого для регенерации количества ОГ потребуется время (время регенерации)

$$\tau_p = \frac{M_{\text{OГp}}}{G_{\text{OГp}}}, \text{ с}. \quad (8)$$

Количество теплоты, выделившейся при сгорании сажи за время регенерации

$$Q_p = m_\phi Q_c, \text{ кДж}, \quad (9)$$

где  $Q_c$  — теплота сгорания сажи, кДж/кг;  $Q_c = 38850$  кДж/кг.

Тепловая мощность, выделяемая при сгорании сажи

$$P_p = \frac{Q_p}{\tau_p}, \text{ кВт}. \quad (10)$$

Выделение теплоты от сгорания сажи приведет к увеличению температуры ОГ с  $T_{\text{ОГ}}^I$  на входе в СФ (после нагревателя) до  $T_{\text{ОГ}}^{II}$ . Величина этого увеличения

$$\Delta T_p = \frac{Q_p}{C_{\text{pm}} \Big|_{T_{\text{ОГ}}^I}^{T_{\text{ОГ}}^{II}} M_{\text{ОГр}}}, K, \quad (11)$$

где  $C_{\text{pm}} \Big|_{T_{\text{ОГ}}^I}^{T_{\text{ОГ}}^{II}}$  — средняя (в интервале температур  $T_{\text{ОГ}}^I \dots T_{\text{ОГ}}^{II}$ ) массовая изобарная теплоемкость ОГ,  $\text{кДж}/(\text{кгК})$ .

Тогда температура газов после выгорания сажи (максимальная температура в СФ)

$$T_{\text{ОГ}}^{II} = T_{\text{ОГ}}^I + \Delta T_p, K. \quad (12)$$

При выполнении расчетных исследований температуры начала регенерации  $T_{\text{нр}}$  принималась равной  $970 \text{ K}$ , а расход ОГ через регенерируемый фильтрующий элемент  $G_{\text{ОГр}}$  варьировался в интервале  $0,005 \dots 0,05 \text{ кг/с}$ . Следует отметить, что значение  $0,05 \text{ кг/с}$  соответствует расходу ОГ через фильтрующий элемент при полностью открытом кране 2 на режиме, соответствующем частоте вращения коленчатого вала дизеля  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$ .

Как видно из формулы (1), необходимая для нагрева ОГ мощность для определенного режима работы дизеля линейно зависит от расхода ОГ через фильтрующий элемент и разности температур ( $T_{\text{нр}} - T_{\text{ОГ}}$ ), на которую необходимо нагреть ОГ. Результаты расчетов (см. рис. 2) показали, что мощность нагревателя, необходимая для нагрева ОГ до температуры  $700 \text{ }^\circ\text{C}$ , может быть представлена как линейная зависимость от температуры ОГ, то есть зависимость теплоемкости газов от температуры в данном случае не оказывает существенного значения. Это при том, что точки, показанные на рис. 2, относятся к различным режимам работы дизеля, отличающимся как частотой вращения коленчатого вала двигателя, так и его мощностью. При этом ОГ отличались не только температурой, а и составом, так как рабочий процесс дизеля на различных режимах отличается значением коэффициента избытка воздуха  $\alpha$ .

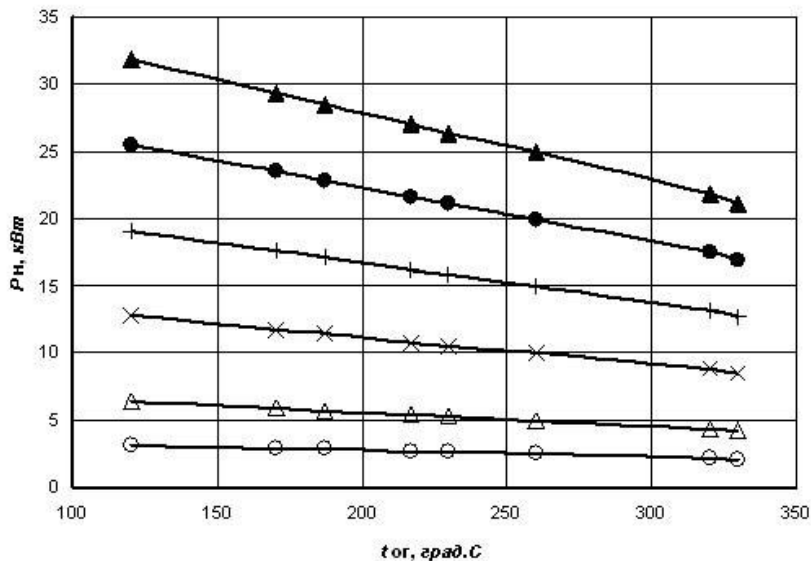


Рис. 2. Зависимость необходимой мощности нагревателя от температуры ОГ и их расхода через регенерируемый элемент:  
 $\circ$  —  $G_{\text{огр}} = 0,005 \text{ кг/с}$ ;  $\Delta$  —  $G_{\text{огр}} = 0,01 \text{ кг/с}$ ;  $\times$  —  $G_{\text{огр}} = 0,02 \text{ кг/с}$ ;  $+$  —  $G_{\text{огр}} = 0,03 \text{ кг/с}$ ;  $\bullet$  —  $G_{\text{огр}} = 0,04 \text{ кг/с}$ ;  $\blacktriangle$  —  $G_{\text{огр}} = 0,05 \text{ кг/с}$

Как видно из рис. 2, мощность, которую может обеспечить электрооборудование автомобиля, наблюдается только при расходе ОГ через регенерируемый элемент  $G_{\text{ОГр}} = 0,005 \text{ кг/с}$ .

На рис. 3 показана зависимость продолжительности регенерации от температуры ОГ и их расхода через регенерируемый фильтрующий элемент. Как видно из ф. (4, 8), продолжительность регенерации определяется, с одной стороны, содержанием кислорода в ОГ ( $g_{\text{O}_2}$ ) и, с другой — скоростью подачи этого кислорода в зону регенерации ( $G_{\text{ОГр}}$ ). Именно тем, что уменьшение коэффициента избытка воздуха  $\alpha$  при работе дизеля на постоянной частоте вращения коленчатого вала приводит к снижению содержания кислорода в ОГ и увеличению их температуры, объясняется характер зависимости  $\tau_{\text{р}}$  от  $t_{\text{ОГ}}$  (рис.3). Следует отметить, что при температурах ОГ выше  $230 \text{ }^\circ\text{C}$  существенное влияние на время регенерации оказывает также скоростной режим работы дизеля. При увеличении частоты вращения коленчатого вала двигателя продолжительность регенерации уменьшается. Это объясняется тем, что при увеличении температуры ОГ на одну и ту же величину на больших частотах вращения наблюдается меньшее снижение коэффициента избытка воздуха (концентрации кислорода в ОГ).

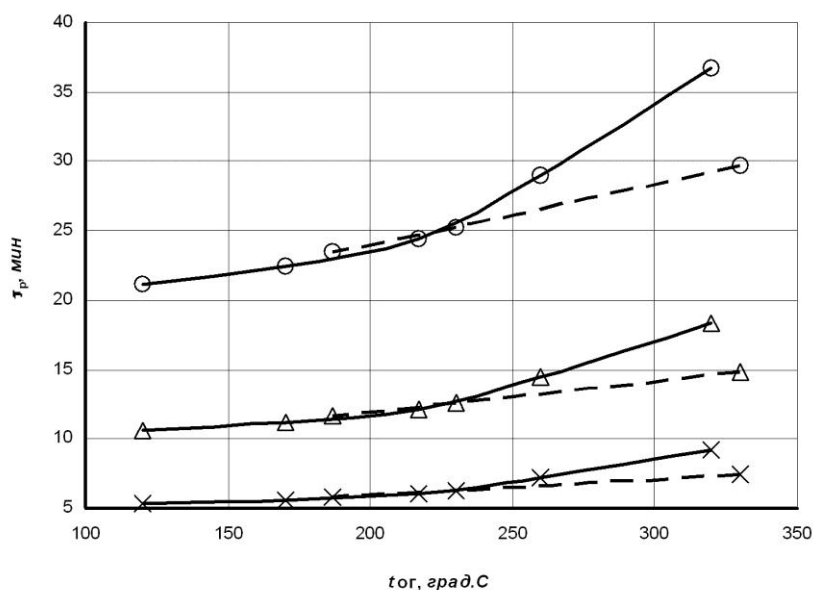


Рис. 3. Зависимость времени регенерации от температуры ОГ и их расхода через регенерируемый элемент:  
 —  $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ ; — —  $n = 2600 \text{ мин}^{-1}$ ;  $\circ$  —  $G_{\text{ОГр}} = 0,005 \text{ кг/с}$ ;  $\Delta$  —  $G_{\text{ОГр}} = 0,01 \text{ кг/с}$ ;  $\times$  —  $G_{\text{ОГр}} = 0,02 \text{ кг/с}$

Влияние расхода ОГ через регенерируемый элемент, знаменатель ф. (8), описывается обратно пропорциональной зависимостью. На рис. 4. показан пример этой зависимости, полученной для режима работы дизеля, характеризуемого частотой вращения коленчатого вала  $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$  и относительной эффективной мощностью  $\bar{N}_e = 25 \text{ \%}$ .

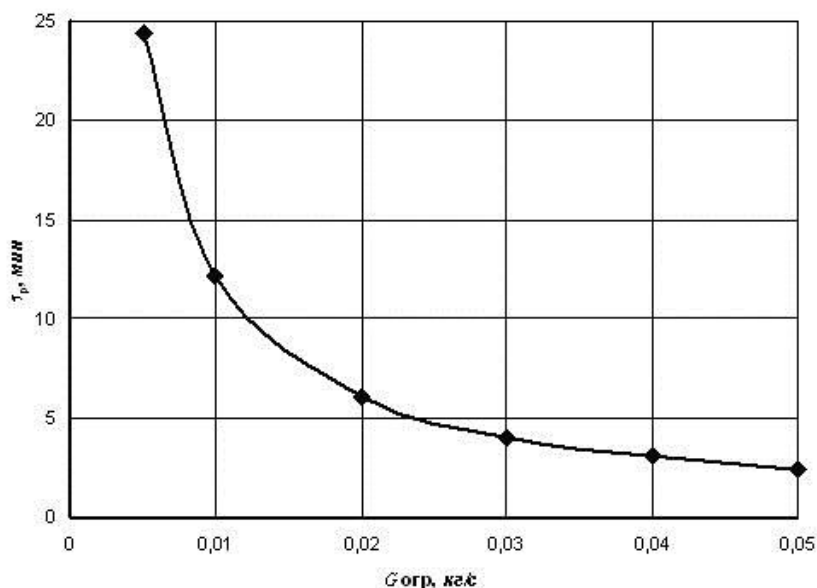


Рис. 4. Зависимость продолжительности регенерации от расхода ОГ через регенерируемый элемент на режиме работы дизеля  $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ ,  $\bar{N}_e = 25 \%$

Как уже отмечалось, в процессе регенерации вследствие выгорания сажи происходит выделение теплоты. Значения мощности этого тепловыделения, определяемые формулой (10), представлены на рис. 5. Как видно из рисунка, характер изменения мощности тепловыделения аналогичен изменению мощности нагревателя (см. рис. 2), однако в этом случае существенное значение может оказывать коэффициент избытка воздуха на режиме регенерации (концентрация кислорода в ОГ), а сами значения мощности тепловыделения примерно в 5 раз превышают мощность нагревателя. На основании этого можно утверждать, что подвод теплоты от нагревателя необходим только в начальный период регенерации. После начала выгорания сажи нагреватель может (должен) быть отключен, так как энергии, выделяемой при сгорании вполне достаточно для поддержания горения и регенерации фильтрующего элемента. Отключение электронагревателя позволит сэкономить электроэнергию, облегчит работу электрооборудования автомобиля, снизит максимальную температуру регенерации. Технически решение этой задачи возможно, если систему регенерации оборудовать необходимыми датчиками и электронным блоком управления.

Снижение максимальной температуры регенерации также может стать серьезной задачей по обеспечению долговечной работы сажевого фильтра. Так, расчеты, выполненные по формулам (11, 12), показывают, что при регенерации полностью заполненного сажей фильтрующего элемента на режимах малых нагрузок дизеля, характеризующихся высоким содержанием кислорода в ОГ, температура горения сажи может превышать  $2500 \text{ }^\circ\text{C}$ . Формула (11) не учитывает теплоотвод внутрь фильтрующего материала и потери теплоты, однако даже при меньших температурах существует вероятность термического разрушения сажевого фильтра. Поэтому, кроме отключения нагревателя после начала выгорания сажи, для снижения температуры регенерации можно порекомендовать более частое осуществление регенерации, не доводя СФ до полной, с точки зрения обеспечения максимальной величины фильтроцикла, загрузки.

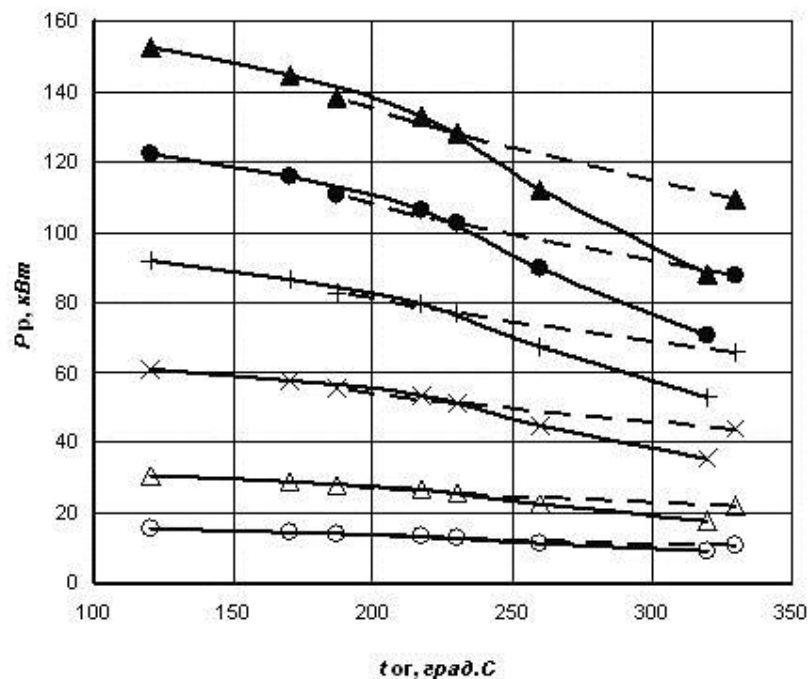


Рис. 5. Зависимость тепловой мощности выгорания сажи от температуры ОГ и их расхода через регенерируемый элемент:

—  $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ ; — —  $n = 2600 \text{ мин}^{-1}$ ;  $\circ$  —  $G_{\text{огр}} = 0,005 \text{ кг/с}$ ;  $\Delta$  —  $G_{\text{огр}} = 0,01 \text{ кг/с}$ ;  $\times$  —  $G_{\text{огр}} = 0,02 \text{ кг/с}$ ; + —  $G_{\text{огр}} = 0,03 \text{ кг/с}$ ;  $\bullet$  —  $G_{\text{огр}} = 0,04 \text{ кг/с}$ ;  $\blacktriangle$  —  $G_{\text{огр}} = 0,05 \text{ кг/с}$

#### Выводы

Сажевый фильтр автомобиля, состоящий из двух параллельно работающих фильтрующих элементов, может быть оборудован бортовой системой термической регенерации. Регенерация фильтрующих элементов должна осуществляться поочередно.

Термическая регенерация сажевого фильтра может осуществляться непосредственно на работающем автомобиле.

Основными факторами, определяющими регенерацию СФ, являются расход ОГ через регенерируемый фильтрующий элемент, температура ОГ и содержание кислорода в ОГ.

Для обеспечения термической регенерации расход ОГ через регенерируемый фильтрующий элемент должен быть уменьшен примерно в 10 раз по сравнению с расходом в режиме фильтрации на холостом ходу дизеля.

Продолжительность регенерации фильтрующего элемента должна составлять от 25 до 45 мин. Не следует стремиться к сокращению времени регенерации, что может привести к возникновению недопустимо высоких температур и термическому разрушению СФ.

Использование нагрева ОГ необходимо только в начальный период регенерации. После начала горения сажи нагрев необходимо прекратить, так как количества теплоты, выделяемой при сгорании, достаточно для поддержания регенерации.

#### Литература

1. Звонов В.А., Заиграев Л.С., Дядин А.П. Проблемы экологической безопасности автотранспорта // Вісник Східноукраїнського державного університету. – Луганськ: Вид-цтво СУДУ, 1996. — № 1. — С. 62—69.
2. Звонов В.А., Корнилов Г.С., Козлов А.В., Симонова Е.А. Оценка и контроль выбросов дисперсных частиц отработавших газов дизелей. – М.: Издательство Прима-Пресс-М, 2005. – 312 с.

3. Шеховцов Ю.И., Заиграев Л.С., Попов А.С. Анализ методов регенерации фильтрующих элементов дизельных сажевых фильтров // Экология: Сборник научных трудов Восточноукраинского нац. университета им. В. Даля и Познаньского технического университета. – Луганск: Изд-во ВНУ, 2002. – № 2. – С. 84 – 96.
4. Шеховцов Ю.И., Звонов В.А., Заиграев Л.С. Выбор стратегии термokatалитической регенерации дизельного сажевого фильтра // Двигатели внутреннего сгорания. — № 1–2. — С. 59 – 61.

Наводяться методика та результати розрахунково-теоретичного дослідження термічної регенерації сажевого фільтра автомобільного дизеля. На основі отриманих результатів обґрунтовано схема сажевого фільтра та визначено режими його регенерації. Рис. 5, дж. 4.

*Ключові слова: сажевий фільтр, термічно регенерація, витрата газу через фільтр, тривалість регенерації, температура регенерації.*

The method and results of design-theoretical research of thermal regeneration the carbon filter of automobile diesel are presented. On the basis of the received results the carbon filter's scheme is justified and modes of its regeneration are defined. Figure 5, source 4.

*Key words: carbon filter, thermal regeneration, gas flow through the filter, time of regeneration, temperature of regeneration*

- Заиграев Л.С. – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра „Екологія”, доц., к.т.н.  
Шеховцов Ю.І. – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра „Екологія”, асистент.

Рецензент: Смирний М.Ф, проф., д.т.н.

*Стаття подана  
15.09.2010*

## РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТУПЛЕНИЯ САЖИ В СМАЗОЧНОЕ МАСЛО ДВС

Представлены методика и некоторые результаты расчетно-экспериментальных исследований изменения показателей моторного масла ДВС в зависимости от поступления сажи. Рис.1 , ил.3.

*Ключевые слова:* моторное масло, сажа, картерные газы, отработавшие газы, продукты сгорания, дымность, периодичность замены масла.

### Постановка проблемы

Сохранение в ДВС свойств масел неизменными в течение длительного срока эксплуатации способствует решению важной задачи - поддержание высокого технического уровня элементов трения и двигателя в целом.

Изменение физико-химических показателей моторных масел определяется как их естественным старением из-за работы в соприкосновении с агрессивными средами при высоких температурах, так и загрязнением продуктами неполного сгорания топлива и эмиссией твердых частиц [1]. Смазочное масло в ДВС соприкасается с воздухом и продуктами неполного сгорания топлива, с конденсированными парами воды, пылью, проникающей в ДВС, с металлическими поверхностями деталей и продуктами их изнашивания. Происходит процесс старения масла, образуются низкотемпературные отложения (шламы), что связано, прежде всего, с поступлением в масло конденсата воды при работе двигателя на пониженных тепловых режимах и недостаточными диспергирующими свойствами масла. На скорость загрязнения масла оказывают влияние множество факторов: вид и свойства топлива; качество моторного масла; тип, конструкция, техническое состояние, режимы работы и условия эксплуатации двигателя.

Одним из факторов, сокращающим срок службы моторного масла, является загрязнение его продуктами неполного сгорания топлива (в основном частицами сажи), которые снижают эффективность противоизносной (моюще-диспергирующей) присадки и ведут к ускоренному износу двигателей. Любые факторы, которые снижают полноту сгорания топлива и увеличивают прорыв газов в картер, способствуют интенсивному загрязнению масла и, прежде всего, органическими примесями. В состав продуктов неполного сгорания топлива входят серо- и азотосодержащие соединения, карбонильные и карбоксильные группы, углеводороды, сажа, соединения свинца и т.п. В табл. 1 представлено количество образующихся примесей в зависимости от типа двигателя [2]. Загрязнение масла продуктами неполного сгорания топлива в дизелях отличается от загрязнения масла в бензиновых и газовых двигателях значительно большим содержанием в масле сажи. При равной мощности двигателей средняя удельная скорость загрязнения масла в дизелях вследствие повышенного загрязнения сажей в 2-5 раз больше, чем в бензиновых, и в 10-20 раз больше, чем в газовых двигателях. Особенно сильно загрязняется масло органическими примесями при работе двигателя с малой частотой вращения на холостом ходу, пониженных тепловых режимах, что обусловлено худшими условиями сгорания и относительно высоким прорывом газов в картер непрогретого двигателя. Это в совокупности с конденсацией паров воды и проникновением их в картер способствует образованию низкотемпературных отложений – шламов, а также интенсивному загрязнению фильтров.

На загрязнение масла в двигателе влияют также его конструктивные особенности: форма камеры сгорания (КС); конструкция маслосъемных и компрессионных порш-



невых колец; наличие и эффективность действия масляных фильтров, воздухоочистителя, масляного радиатора, вентиляции картера, системы рециркуляции отработавших газов; а также диаметр цилиндра, расход топлива, частота вращения коленчатого вала.

Особенно влияет на процесс сажеобразования степень совершенства рабочего процесса. От степени его совершенства зависит количество образующейся сажи и скорость загрязнения масла, которые резко возрастают в эксплуатации при неисправностях топливной аппаратуры, а также при повышенном износе деталей цилиндра-поршневой группы (ЦПГ). Для «новых» двигателей, где совершеннее рабочий процесс и уплотнение ЦПГ, на старение масла большее влияние оказывает процесс окисления самого моторного масла. С увеличением же износа деталей ЦПГ и ухудшением технического состояния двигателя (особенно топливной аппаратуры) на образование органических продуктов старения масла и отложения на деталях в большей степени будут влиять продукты неполного сгорания топлива.

Большая часть сажи попадает в масло таким путем:

- сажа оседает на стенках цилиндра, а затем снимается кольцами вместе с масляной пленкой и попадает в картер;
- газы, прорывающиеся в картер, также «оставляют» большую часть сажи в лабиринтах, на стенках гильзы, на кольцах, а затем кольцами вместе с масляной пленкой «счищаются» в картер;
- оставшаяся часть сажи прорывающихся газов частично попадает в масло в самом картере.

Т а б л и ц а 1

Количество образующихся примесей в зависимости от типа ДВС

Двигатели	Загрязняющие примеси %, по массе		
	асфальтены	карбены, карбиды, сажа	несгораемые
Бензиновые	(3-15)/(6-30)	(20-64)/(38-85)	(30-68)/(10-31)
Дизели	(2-8)/(3-10)	(52-62)/(80-90)	(20-52)/(4-13)
Газовые	(10-22)/(18-37)	(10-18)/(17-28)	(55-85)/(42-58)

Примечание: в числителе указаны загрязняющие примеси в масле с присадками, а в знаменателе – в масле без присадок.

Значительное накопление в масле загрязняющих примесей, даже в мелкодисперсной фазе, при высоких диспергирующих и моющих свойствах масла увеличивает вязкость масла, что снижает подачу насоса вплоть до полного прекращения подачи при низкотемпературных пусках двигателя. Кроме того, работа двигателя на масле с высокой вязкостью обуславливает возрастание механических потерь и перерасход топлива.

Нерастворимые продукты загрязнения масла (загрязняющие примеси) вызывают повышенный износ и задир деталей, засоряют масляные каналы и фильтры, откладываясь на поверхностях деталей, повышают их температурный режим и т.п., что снижает надежность работы двигателя.

Таким образом, на количество органических примесей, поступающих в масло, оказывает влияние, главным образом, топливо. Моторное масло оказывает основное влияние не на количество, а на агрегатное состояние этих примесей и возможность образования из них отложений. Попадание воды в масло влияет не на количество в нем загрязняющих примесей, а на их агрегатное состояние и возможность выделения их в виде низкотемпературных отложений в двигателе, а также выделений в приборах при анализе количества загрязняющих примесей в масле.

### Цель статьи

Цель статьи - исследование механизма и разработка методики определения поступления сажи в смазочное масло ДВС.

Предлагаемая методика расчетно-экспериментального определения попадания сажи в масло позволяет определять скорость «науглераживания» моторного масла конкретного типа двигателей.

Основными зонами двигателя, в которых происходят процессы изменения свойств самого масла, являются камера сгорания, зона поршня и поршневых колец, зона картера. В КС преобладают процессы сгорания масла с образованием продуктов неполного сгорания (углеродистых частиц), а также процессы термического разложения и окисления масла. В зоне поршня и поршневых колец преобладают процессы окислительной полимеризации.

В соответствии с процессами, происходящими в цилиндре, в картер двигателя проникает свежая смесь и продукты сгорания. Неполнота сгорания топлива определяет содержание углерода в отработавших газах в виде сажи. Однако в реальных условиях горения происходит гашение пламени в пристеночном слое и в полостях у верхней кромки головки поршня. Таким образом, свободный углерод разложения топлива в этих зонах также увлекается газами, проникающими в картер. Следовательно, проникающие в картер газы будут более насыщены углеродом, чем продукты сгорания на выпуске ДВС. Газы, попадающие в картер, на своем пути проходят через лабиринты поршневой группы и соприкасаются с маслом, попадающим в цилиндр, благодаря насосу действию компрессионных колец. Взаимодействие газов и масла, а также проникновение свежей смеси приводит к обеднению содержания углерода в картерных газах.

Таким образом, два противоположно действующих фактора приводят к неопределенности в содержании углерода в газах, поступивших в картер дизеля. Поэтому при проведении расчетов будем считать, что содержание углерода в проникающих в картер газах пропорционально его концентрации в продуктах сгорания и доле последних в картерных газах.

Экспериментальное определение доли продуктов сгорания в картерных газах осуществляется по содержанию двуокиси углерода в картере ( $CO_{2КГ}$ ) и продуктах сгорания ( $CO_{2ПС}$ ):

$$q_{КГнс} = \frac{CO_{2КГ} - CO_2}{CO_{2ПС} - CO_2}, \quad (1)$$

где  $CO_2$  – содержание двуокиси углерода в воздухе.

Объемный расход продуктов сгорания через картер дизеля определяется на основе замера общего расхода картерных газов ( $V_{КГ}$ ) при давлении в картере равном или несколько выше атмосферного по формуле:

$$V_{КГнс} = V_{КГ} \cdot q_{КГнс}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (2)$$

Зная содержание сажи в продуктах сгорания ( $m_C$ ), вычислим количество сажи, поступившей в картер двигателя вместе с картерными газами, по выражению:

$$m_{сж} = V_{КГнс} \cdot m_C, \text{ г/ч}. \quad (3)$$

Изменение расхода картерных газов и доли продуктов сгорания в них по нагрузочной характеристике дизель-генератора 8ЧН 26/26 представлены на рис. 1.

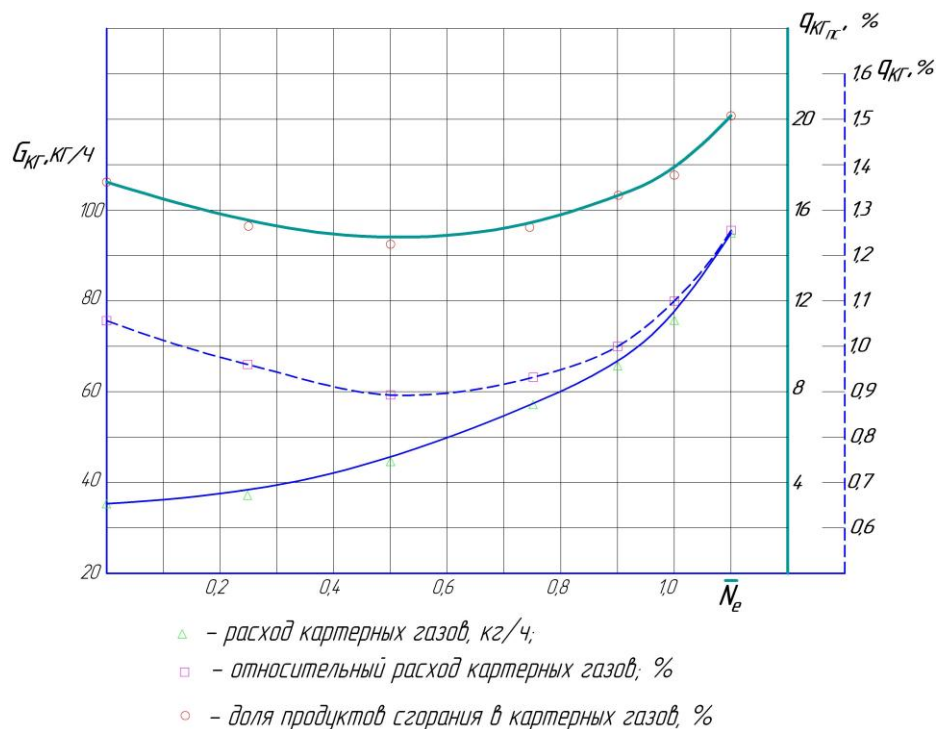


Рис.1. – Изменение расхода картерных газов и доли продуктов сгорания в них по нагрузочной характеристике дизель-генератора 8 ЧН 26/26

В картере двигателя происходит интенсивное перемешивание картерных газов и масла. При этом углерод картерных газов «прилипает» к каплям масла. Будем считать, что в результате такого взаимодействия происходит полное выделение в масле углерода картерных газов. Таким образом, можно определить количество сажи, поступившей в масло за определенный период времени работы (Т) дизеля, по формуле:

$$m_{См} = \frac{(\sum_{i=1}^n m_{Скzi} \cdot \tau_i + \sum_{j=1}^m m_{Скzj} \cdot \tau_j) \cdot T}{m_M - (\sum_{i=1}^n Ne_i \cdot \tau_i \cdot q_{Мугzi}) \cdot T + m_{Мдол}}, \frac{г \text{ углерода}}{кг \text{ масла}}, \quad (4)$$

где  $m_{Скzi}$  - масса сажи, поступающей с картерными газами в моторное масло, при работе на i-том стационарном режиме г/ч;

$\tau_i$  - относительное время работы двигателя на i-том стационарном режиме;

$m_{Скzj}$  - масса сажи, поступающей с картерными газами в моторное масло, при работе на j-том переходном режиме г/ч;

$\tau_j$  - относительное время работы двигателя на j-том переходном режиме;

n – количество анализируемых стационарных режимов работы (например, для тепловозных дизелей – позиции контроллера);

m – количество переходных режимов работы;

$m_M$  - первоначальное количество масла в дизеле, кг;

T – продолжительность испытаний, ч;

$Ne_i$  - эффективная мощность при работе на i-том стационарном режиме, кВт;

$m_{\text{Дол}}$  - количество долитого моторного масла за время испытаний, кг.

Специальные исследования показали, что определение величины максимальной дымности во всех случаях переходных режимов не дает полного представления о дымности в переходном процессе. Дымность выпускных газов при переходных процессах может оцениваться среднеинтегральным показателем дымности [3]:

$$D = \int_{\tau_1}^{\tau_2} D(\tau) d\tau / (\tau_2 - \tau_1), \quad (5)$$

где  $\tau_1, \tau_2$  - время начала и окончания повышенной дымности;

$D(\tau)$  - текущее значение дымности.

Проверка достоверности предлагаемой методики может быть осуществлена по результатам анализа масла на содержание в нем углерода. Такой контроль должен быть осуществлен первоначально для исходного масла, а затем перед доливом через период времени  $T$ . Химический анализ исходного «чистого» масла преследует цель определения массового элементарного состава по углероду, водороду, кислороду, сере:

$$C_{\text{исх}} + H_{\text{исх}} + O_{\text{исх}} + S_{\text{исх}} = 1. \quad (6)$$

Полученные аналогичным путем массовые доли компонентов через период времени работы  $T$  позволяют определить долю углерода, вносимую сажей. При этом должно быть учтено, что в процессе эксплуатации масла происходит его «утяжеление» за счет испарения легких фракций и увеличения массового содержания углерода в углеводородах масла. Кроме того, в процессе эксплуатации может происходить проникновение топлива в картер двигателя, так называемое «осоляривание» масла, приводящее к «облегчению» среднего углеводорода смазочного масла. Таким образом, искомая величина содержания сажи в масле может быть вычислена с учетом вышеперечисленных противоположно действующих факторов по формуле:

$$C_{\text{см}} = C - C_{\text{исх}} \cdot (1 + \xi_{\text{исп}} - \xi_{\text{ос}}), \quad (7)$$

где  $C$  – массовая доля углерода в работавшем масле;

$\xi_{\text{исп}}, \xi_{\text{ос}}$  - относительные массовые доли увеличения содержания углерода за счет испарения легких фракций масла и его уменьшения за счет «осоляривания» масла.

Сравнение величины  $m_{\text{см}}$ , определенной на основе зависимости (4), с результатами расчетов по формуле (7) позволит оценить применимость предлагаемой методики при такого рода исследованиях. Нахождение величин  $\xi_{\text{исп}}$  и  $\xi_{\text{ос}}$  представляет определенные сложности. Очевидно, связанной с этим погрешности можно избежать, если определить количество сажи в масле его фильтрацией и вымыванием.

#### Выводы

Рассмотренная методика расчетно-экспериментального определения поступления сажи в моторное масло позволяет определять скорость «науглераживания» масла конкретного типа двигателей. Это дает возможность определять общую массу поступившего в смазочное масло углерода и устанавливать периодичность замены масла. Своевременная замена масла приводит к уменьшению износа и увеличению ресурса работы двигателя, а, следовательно, уменьшаются трудоемкость ремонтных работ и затраты на эксплуатацию.

### Л и т е р а т у р а

1. Меркиш Е.Л., Игнатов О.Р., Бритик С.А. Некоторые проблемы эмиссии твердых частиц в ДВС // Вісн. Східноукр. нац. ун-ту. - 2001 - №6(40) - с.197-201.
2. Григорьев М.А. Очистка масла в двигателях внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1983. – 148 с.
3. Розенблит Г.Б., Кудряш А.П., Майбога В.Г. Исследование дымности тепловозного дизеля. – Вестник ВНИИ железнодорожного транспорта, 1979, №4. – с.32-34.

Бритик С.А., Игнатов О.Р. Расчетно-экспериментальное определение поступления сажи в смазочное масло ДВС// Вісн. Східноукр. нац. ун-ту. - 2010 - № - с.

Представлены методика и некоторые результаты расчетно-экспериментальных исследований изменения показателей моторного масла ДВС в зависимости от поступления сажи. Рис.1 , ист.3.

*Ключевые слова: моторное масло, сажа, картерные газы, отработавшие газы, продукты сгорания, дымность, периодичность замены масла.*

Britik S.A., Ignatov O.R. The calculation-experimental determining join soot into lubrication oil of an internal combustion engine // Visnik of the East-Ukrainian national university im. V. Dalia - 2010.-№ - p.

Are represented the method and some results of the calculation-experimental determining of change of indicators of lubrication oil of an internal combustion engine depending on join soot. Pic.1, ref.3.

*Key words: engine oil, soot, , combustion products, , periodicity of replacement of oil.*

Бритик С. А. – к.т.н., доцент кафедры «Автомобили» ВНУ им. В. Даля

Игнатов О. Р. - к.т.н., доцент кафедры «Экология» ВНУ им. В. Даля

Рецензент: Горбунов Н. И. – д.т.н., профессор кафедры железнодорожного транспорта ВНУ им. В. Даля

*Стаття подана  
20.11.2010*

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В работе осуществляется идентификация и структуризация источников загрязнений, обнаруженных на территории Луганской области. Собранные информация дополняется данными статистики. Также в работе осуществлен анализ нынешнего положения дел с учетом отходов, определены проблемные вопросы в этой области. В заключение предложены основные направления действия по улучшению сложившейся ситуации, с указанием примера фактически внедренного положительного опыта утилизации речного мула.

*Ключевые слова:* обращение с отходами, инвентаризация отходов, классификация, загрязненные территории Луганщины, комплексный подход, утилизация, база данных.

На сегодня становится все более актуальной проблема загрязнения территорий. И в первую очередь загрязнения формируются за счет отходов производства и жизнедеятельности человека. А учитывая постоянный рост потребностей у населения и постоянное развитие технологий, объемы загрязнений и состав привносимых загрязняющих веществ имеют значительную тенденцию к росту. В тоже время на сегодня в Украине проблеме минимизации загрязнений внимание практически не уделяется.

В работе идентифицируются и структурируются источники загрязнений, описывается проведенная работа по выявлению существующих загрязненных территорий и предлагаются пути решения существующих проблем в Луганской области.

На 1 января 2009 в области накоплено более 902,6 тыс. тон опасных отходов. Ежегодно образовывается еще до 28 тыс. т. отходов 1-3 класса опасности, а утилизируется не более 1,7 тыс. т. Лидерами по образованию отходов являются города Северодонецк, Рубежное, Алчевск, Лисичанск и Попельнянский район. При всем этом необходимо осознавать, что статистикой охватывается не более 10% всех предприятий, а граждане не охвачены вовсе. Исходя из этого, общая картина еще более серьезна.

Общую массу отходов в Украине принято разделять по классам опасности, их четыре. По генезису же отходы и соответственно загрязнения принято делить на 2 основные категории – отходы производства и коммунально-бытовые. Производственные также разделяют на подклассы. Так, к промышленным видам загрязнителей относятся отходы производства и переработки (прямого цикла (обработка сырья) или сопутствующих процессов, например многотоннажные отходы угледобычи), эксплуатации оборудования, транспорта, стоки и сбросы локальных очистных сооружений и т.д. К сельскохозяйственным отходам относятся непригодные химические средства защиты растений (ХСЗР), отходы выращивания животных и растений. К коммунально-бытовым принято относить твердые бытовые отходы (ТБО), канализационные стоки и так далее. Для справки, сегодня на Луганщине насчитывается более 1 миллиона квартир и домов. Из них к канализационным сетям подключены не более 59 %. Еще до 5 % оборудованы обслуживаемыми выгребами, стоки из которых вывозятся на очистку. Стоки остальных жилых помещений напрямую поступают в окружающую среду.

Но существует еще одна категория отходов-загрязнителей не менее опасных, чем промышленные. И что самое важное, обращение с этой категорией практически полностью на сегодня игнорируется как в области, так и в Украине в целом. Эти загрязнители образуются в каждом доме и приравнены к бытовым отходам. Например: строительный мусор, листва и обрезки деревьев, отходы упаковки, вторсырья, химических источников энергии, ртутьсодержащих ламп, пластика, резины, пищевых отходов и т.д.

Нельзя забывать и потенциальной опасности медицинских отходов, учет и главное утилизация которых на сегодня также практически отсутствует. Хотя законодательно задекларировано, что эти отходы «потенциально загрязнены» и имеют 1-3 класс опасности. Всего в сеть учреждений охраны здоровья области входят 175 больниц и 405 амбулаторно-поликлинических объектов. В эти цифры не вошли мелкие медпункты, перевязочные и т.д.

Не учитывается также и вторичное загрязнение от разложения и взаимодействия загрязнителей. Кроме прямого загрязнения почв, идет загрязнение поверхностных и подземных вод. Так, в Лисичано–Рубежанском регионе и г. Луганске уже на сегодня выявлено значительное влияние более чем на 40 водозаборных скважин. В первую очередь это нефтепродукты, фенолы, нитраты и другие соединения азота.

Так, в настоящее время в зоне влияния предприятия ЛИНИК и в первую очередь его накопителя отмечаются локальные очаги загрязнения нефтепродуктами. Именно такие превышения ПДК наблюдаются вблизи с. Тополевка и периодически в 2-3 колодцах в самом селе. На сегодня рассматривается вопрос о полной невозможности проживания там населения и необходимости их отселения.

Загрязнению подвергаются и поверхностные водные объекты. К основным их загрязнителям относятся: взвешенные вещества, минерализация (и в первую очередь это соли тяжелых металлов), фосфаты, нефтепродукты, нитраты и другие соединения азота.

Нельзя забывать и о вторичном загрязнении, поступающем от выбросов в атмосферу производственными объектами и автотранспортом. Так, по предварительным подсчетам с ливневыми стоками городов Луганск, Северодонецк, Алчевск, Брянка, Первомайск, Краснодон, Антрацит, Красный Луч и Ровеньки поступает около 170 тыс. тонн загрязняющих веществ. В первую очередь это взвешенные вещества, нефтепродукты, соединения азота, фосфора.

Подведя итог, можно уверенно констатировать факт того, что без рациональной системы охраны природы ее существование невозможно.

Однако сегодняшняя система контроля имеет ряд существенных недостатков. А именно:

- разрозненность и поверхностность инспекционной работы;
- недоскональность действующего законодательства;
- отсутствие налаженной схемы изъятия из оборота (особенно от населения) максимального количества отходов для утилизации или уничтожения;
- практически полное отсутствие масштабной системы мониторинга окружающей среды и т.д.

Фактическое сведение и комплексный анализ даже существующей информации от действующих субъектов мониторинга не осуществляется вовсе.

Для стабилизации существующей проблемы и дальнейшего улучшения ситуации необходимо проведение комплекса мероприятий по каждому из вышеизложенных направлений.

Для восстановления территорий, уже подвергшихся загрязнению, должен также применяться комплексный подход.

Во – первых, это комплексная инвентаризация всех загрязненных территорий. Второй этап – анализ, и третий – принятие решения и само действие.

Что касается инвентаризации, в 2005-2007 годах такая работа проводилась. Всего было инвентаризовано более 800 загрязненных территорий. Собрана первичная информация о местонахождении, фактическом или возможном загрязнителе, объемах загрязняющего вещества, площади распространения, близости объектов, которые могут подвергнуться угрозе (жилища, производства, водные объекты, водозаборы) и т.д.

На представленных ниже фотографиях представляется разнообразность и масштабность уже инвентаризованных и описанных мест загрязнения.



Фото 1. Отходы добычи угля (террикон рядом с пос. Белореченка)



Фото 2. Загрязнение территорий на Стахановском коксохимзаводе





Фото 3. Окраина г. Попасная: выброшенные отработанные катализаторы химического производства



Фото 4. Окраина г. Попасная: загрязнение нефтепродуктами





Фото 5. Г. Луганск: загрязнение отходами металлургического производства и ТБО (2 пояс водозабора в Вергунке)



Фото 6. Непригодные ХСЗР в с. Трехизбенка





Фото 7. Склад непригодных ХСЗР в г. Луганск (КСП 8 Марта). Дождем смывает брошенные агрохимикаты



Фото 8. Клинические отходы на свалках ТБО



Фото 9. Загрязнение территорий муниципальными отходами



Фото 10. Полигон ТБО пос. Ивановка





Фото 11. Порыв канализационного коллектора Перевальск-Алчевск

Подводя итог, необходимо заметить, что на сегодня собранный массив передан для анализа, дальнейшего накопления информации, мониторинга и принятия решений.

Ведение этой базы данных с постоянным обновлением свежей информацией об объемах и составе загрязнителей, пораженной площади и степени опасности позволит обеспечить проведение структурного анализа возможных угроз и рисков. Они, в свою очередь позволят определять приоритетные направления действий и выработать индивидуальные методики очистки каждой загрязненной территории. Например: сбор, сортировка, и утилизация загрязнителей; сорбирование загрязнителя с удалением его в безопасное место; полное уничтожение как загрязнителя, так и загрязненной почвы; или (особенно если объемы загрязнителей велики, вредное влияние незначительно и нет технологий для утилизации) консервация загрязнения на месте.

Правильность таких доводов подтверждена фактически проведенными работами. Так, именно метод консервации был применен при чистке илов реки Красная в Сватовском районе, когда поднятыми илами были выстелены деградированные неудобья и свалка в глиняном карьере. Сверху был насыпан слой плодородной почвы и высажена посадка. Этой работой было не только очищено русло реки и законсервировано место несанкционированной свалки, но и восстановлена и залесена деградированная территория, которая в дальнейшем может служить частью коридора формирующейся в области экосети.

То есть фактически комплексный подход к контролю и восстановлению загрязненных территорий путем консервации, утилизации или очистки с изъятием полезных компонентов будет являться не только целесообразным и правильным, но и в некоторых случаях самокупаемым или даже прибыльным видом работ, привлекательным для инвесторов.

## Литература

1. Утворення, використання і поставка вторинної сировини і відходів виробництва підприємствами та організаціями Луганської області. Головне управління статистики у Луганській області. Луганськ 2010.
2. Довкілля Луганщини. Головне управління статистики у Луганській області. Луганськ 2010.
3. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища в Луганській області у 2008 та 2009 роках. Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Луганській області. Луганськ 2009, 2010.

У роботі здійснюється ідентифікація та структуризація джерел забруднень, виявлених на території Луганської області. Зібрана інформація доповнюється даними статистики. Також в роботі здійснено аналіз нинішнього стану справ з обліком відходів, визначено проблемні питання в цій галузі. У висновках запропоновані основні напрямки дії щодо поліпшення ситуації, що склалася, з вказанням прикладу фактично впровадженого позитивного досвіду утилізації річкового мулу.

*Ключові слова: поводження з відходами, інвентаризація відходів, класифікація, забруднені території Луганщини, комплексний підхід, утилізація, база даних.*

In hired authentication and структуризація of sources of contaminations, educed on territory of the Luhansk area come true. The collected information is complemented by data of statistics. Also, the analysis of the nowadays state of businesses on the account of wastes, certain problem questions in this industry is in-process carried out. In conclusions basic directions of action are offered after the improvement of situation that folded, with pointing of example of the actually inculcated positive experience of utilization of river silt.

*Waste management, waste inventory, classification, Luganshiny contaminated areas, comprehensive approach, recovery, data base.*

М.О.Никитенко - начальник відділу водних ресурсів Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Луганській області.

Рецензент: Харківський Б.Т. проф. каф. Екологія СНУ ім.В.Даля.

*Стаття подана  
24.10.2010*

## ВИБІР СПОСОБУ ЗАКРИТТЯ ШАХТ І УПРАВЛІННЯ ШАХТНИМИ ДОПРИПЛИВАМИ

Розглянуто оптимальні способи закриття шахт та гідрогеологічний вплив на стан довкілля. Табл.1, дж.2.

*Ключові слова:* шахта, водоприпливи, ліквідація, вплив на довкілля, масиви гірських порід.

Оптимальним способом ліквідації шахти є її **повне затоплення**. Такий спосіб закриття вимагає мінімальних технічних зусиль і фінансових витрат, має порівняно низьку енергоємність у перспективі. Проте він прийнятний лише в тих випадках, коли затоплення ліквідуваної шахти не призводить до істотного погіршення еколого-геологічних умов і загрози нормальній експлуатації промислових, господарських, соціально-культурних об'єктів. Найчастіше така обстановка характерна для ізольованих шахт, розташованих на достатньому віддаленні від населених пунктів і промислових зон. Гідрравлічний зв'язок з поверхневими водотоками, в які розвантажуватимуться шахтні води після повного затоплення шахти, як правило, добрий, а розвантаження відбувається на обмежених ділянках заплав і в нижніх частинах схилів річкових долин. При цьому сумарна величина збитку, пов'язаного з активізацією процесів підтоплення і погіршення якості підземних і поверхневих вод, менше витрат, необхідних для організації водопониження і дренажу підтоплюваних територій.

У більшості ж випадків шахти, що закриваються, розташовані в безпосередній близькості від населених пунктів або промислових об'єктів і гідрравлічно взаємозв'язані із суміжними шахтами. Повне затоплення ліквідуваних шахт в таких умовах неможливе у зв'язку із загрозою проривів води в сусідні шахти і широкомасштабний прояв процесів підтоплення і пов'язаних з ним інших несприятливих екзогенних геологічних процесів у зонах промислово-міської агломерації. Ліквідація таких шахт зазвичай проводиться частковим затопленням виробок до певного рівня. Глибина затоплення визначається параметрами і місцем розташування бар'єрних ціликів і старих збійок із суміжними шахтами, де виникає загроза прориву води в разі створення гідростатичних натисків. В даному випадку допустима глибина затоплення шахти повинна відповідати відміткам найнижчих бар'єрних ціликів, розміри яких не відповідають правилам безпечного ведення робіт у затоплених виробках.

Водоприплив, що поступає в ліквідувану шахту, перерозподіляється між суміжними шахтами або ж відкачується на поверхню з використанням стволів шахти, що закриваються. Управління шахтними водоприпливами частково затоплюваної шахти можуть забезпечити: організоване перепускання води із затоплюваної шахти в суміжні; спорудження водовідливних комплексів на певних горизонтах; спорудження ізолюючих перемичок; будівництво водознижуючих установок; буріння свердловин, які самі виллюються; проходка штолень і стволів для організації вилливу шахтних вод на певних рівнях. Перевага при цьому віддається системам, що працюють в інерційному режимі з мінімальною витратою енергії (перетікання, самовиливання і так далі).

Пониження рівня підземних і шахтних вод у багатьох випадках є одним з інструментів регулювання рівневого режиму при затопленні одиночних ізольованих шахт або окремо розташованих груп шахт.

При поганому гідрравлічному зв'язку затоплюваних виробок з річковими долинами, які на кінцевий період затоплення трансформуються на ділянці розвантаження шахтних вод, відбувається виклинювання шахтних вод на значних площах, що захоплюють

не лише заплави і підстави схилів, але і ділянки схилів з вищими відмітками рельєфу. У цих умовах, особливо для шахт, поля яких тяжіють до промислово-міської агломерації, регулювання рівня затоплення за допомогою дренажних і водознижуючих установок часто є єдиним способом попередження підтоплення населених пунктів і промислово-господарських об'єктів.

На сьогоднішній день немає достатнього досвіду затоплення окремих крупних шахт або групи шахт. У багатьох випадках має місце невизначеність в оцінці міри гідровлічного зв'язку між виробками суміжних шахт по збійкам, особливо, якщо останні представлені старими погашеними виробками або пройдені через зони порушених порід.

Спеціальні режимні гідрогеологічні спостереження на закритих шахтах почали проводитися лише з 1997 р. Вони дозволили певною мірою оцінити багатопланові дії затоплених шахт на довкілля.

При прогнозуванні зміни гідрогеологічного режиму важко врахувати кількісні зміни фізико-механічних і фільтраційних властивостей порід і пов'язані з цим наслідки. Тому затоплення шахт повинне прогнозуватися як поетапний процес, а кожен етап роботи повинен супроводжуватися детальними спостереженнями за режимом шахтних водопрпливів і всіх чинників гідрогеологічної обстановки на шахтному полі і у вуглепромислому районі, що формує практично єдину гідрогеофільтраційну систему.

Т а б л и ц я 1

Гідрогеологічний вплив на довкілля при повному або частковому затопленні шахт

Гідрогеологічний вплив	Наслідки
Підтоплення або затоплення ділянок земної поверхні	Вилучення із користування сільськогосподарських угідь, втрата природних властивостей родючих земель, погіршення родючості земельних угідь Забруднення водних об'єктів Загибель лісових масивів Вивід із експлуатації будівель, споруд, цілих селищ Зміна властивостей ґрунтів у основі будівель і споруд Забруднення шахтними водами джерел водопостачання
Зволоження масиву гірських порід	Зміна (зменшення) фізико-механічних властивостей порід при водонасиченні, що призводить до ліквідації зависань і розшарувань Винесення порід в гірські виробки, які збереглися Руйнування елементів кріплення горизонтальних, похилих і вертикальних виробок Зміна властивостей порід засипки, використаної для ліквідації стволів шахт Активізація зрушення над очисними виробками Утворення провалів над підготовчими виробками на малій глибині Утворення провалів над шурфами, похилими і вертикальними стволами, технічними свердловинами
Додаткові надходження води в сусідні шахти	Погіршення безпеки Прориви води і затоплення гірських виробок

#### В и с н о в к и

Виходячи із вищесказаного, можна виділити такі три основні види гідрогеологічного впливу на довкілля при повному або частковому затопленні шахт (табл. 1): підтоплення або затоплення території; зволоження масиву гірських порід і мережі гірських виробок, що збереглися; додаткові водопрпливи в сусідні шахти, що діють.



## Література

1. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины /Ю.Н.Гавриленко, В.Н. Ермаков и др. – Донецк, 2004.-206-209с.
2. Должиков П.М. Проблеми гірництва та екології гірничого виробництва: монографія/[П.М.Должиков,В.Д.Рябічев,Г.С.Левчинський та ін.] – Донецьк: «Вебер» (Донецьке відділення),2007. – 257 с.

Рассмотрены оптимальные способы закрытия шахт и гидрогеологическое вл,и гидрологическое влияние на состояние окружающей среды при полном или частичном затоплении угольных шахт. Табл.1, ист.2.

*Ключевые слова: шахта, водопритоки, ликвидация, влияние на окружающую среду, массивы горных пород.*

Considered the optimum methods of closing of mines and influence of geohydrology on the state of environment and influence of geohydrology on an environment at the complete or partial submergence of coal mines.

*Mine, water inflows, liquidation, influence on environment*

- Кіященко В.В. – Антрацитівський факультет гірництва та транспорту Східноукраїнського національного університету імені В.Даля, старший викладач кафедри «Інженерії та загальноосвітніх дисциплін»
- Рецензент: - Харьковський Б.Т.,проф., к.т.н. кафедри екології Восточноукраинского национального университета имени В.Даля

*Стаття надана  
02.10.2010*

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ УГОЛЬНЫХ ШАХТ НА СОСТОЯНИЕ АТМОСФЕРНОЙ И ВОДНОЙ СРЕДЫ ГОРОДА АНТРАЦИТА И АНТРАЦИТОВСКОГО РАЙОНА**

Рассмотрен анализ влияния угольных шахт на состояние атмосферной и водной среды города и района.

*Угольная промышленность, биосфера, шахтные воды, отстойники.*

Предприятия угольной промышленности относятся к источникам наибольшего экологического загрязнения. За два столетия развития угледобывающей промышленности случилось изменение естественных ландшафтов территории Донбасса.

Угольная шахта создает одну из основных экологических нагрузок на биосферу Луганщины. При этом «принимают участие» все ее элементы: водный и воздушный бассейны, недра, растительный и животный мир. В процессе горного производства образуются и быстро увеличиваются пространства, нарушенные горной выработкой, отвалами породы и отходов переработки, сбросами высокоминерализованных подземных вод.

К основным источникам загрязнения биосферы отходами горного производства относятся:

- породные отвалы;
- шламонакопители и отстойники;
- сброс шахтных вод в поверхностные водоемы и реки.

Антрацитовский административный район остается одним из наиболее экологически напряженных в Луганской области. Регион насыщен мощным угольным промышленным комплексом, на территории которого работают три действующих угольных шахты, две закрыты и одна на стадии закрытия.

Плотность промышленных выбросов в расчете на 1 кв. км территории города Антрацита более чем в 5 раз выше среднего показателя по стране. В 2009 г. стационарными источниками предприятий в воздушный бассейн г. Антрацита было выброшено более 3 тысяч тонн загрязняющих веществ. Количество объектов, которые оказывают негативное влияние на состояние атмосферного воздуха города, составляет 34 единицы. Доминирующее влияние на окружающую природную среду оказывают предприятия угольной промышленности, которые составляют 56,2 % общего объема промышленного производства, а также объекты теплообеспечения (26,5 %) и производства машин и оборудования (7,7 %). В структуре выбросов города Антрацита твердых веществ - 32,5 %, диоксида азота - 3,5 %, диоксида серы - 16,6 %, окислов углерода - 43,1 %, прочих - 4,3 %. В расчете на 1 кв. км территории города объемы выбросов от стационарных источников в 2009 году составили 49,472 тонн, что в 2,5 раза выше среднего показателя в области (19,4 тонн). По валовым объемам промышленных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух город Антрацит занимает 12 место среди 14 городов областного подчинения, осуществляя около 0,6 % от общеобластного объема выбросов.

Существенным загрязнителем воздушного бассейна г. Антрацита является автотранспорт. Выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта превышают выбросы стационарных источников почти в 1,4 раза. В расчете на 1 кв. км территории города объемы выбросов от автотранспорта составили 69,581 тонн, что в 16 раз больше среднеобластного показателя (4,3 тонн).

На территории, подчиненной Антрацитовскому городскому совету находится 5 горящих или имеющих очаги самовозгорания породных отвалов (ОП "Шахта "Комсомольская", ГП "Антрацит").

Пути решения проблемы загрязнения атмосферы в Антрацитовском районе являются:

- обеспечение органами местного самоуправления города улучшения состояния автомобильных дорог, контроля за эксплуатацией объектов транспорта;
- осуществление на предприятиях угольной промышленности мероприятий по рекультивации, гашению и озеленению породных отвалов, в том числе во время реализации проектов закрытия шахт.

Другая главная проблема города Антрацита и Антрацитовского района возникает при разработке полезных ископаемых.

По состоянию на 14.04.2008 г. согласно данным Государственного информационного геологического фонда Украины "Геоинформ Украины" на территории Антрацитовского района специальное разрешение на пользование недрами имеют 90 предприятий. Значительное число недропользователей требует усиления контроля соблюдения субъектами предпринимательской деятельности требований природоохранного законодательства. Для района характерна проблема незаконной добычи полезных ископаемых.

Породные отвалы занимают значительные площади земель района, что также негативно влияет на окружающую среду вокруг них. Под воздействием разнообразных антропогенных факторов, среди которых загрязнение атмосферного воздуха и засорение отходами предприятий разных отраслей промышленности, возникает процесс деградации земель.

Площадь земель Антрацитовского района составляет 166,2 тысяч га, из них: сельскохозяйственные угодья - 96,5 тысяч га.

Несбалансированность земельных угодий и значительная освоенность территории в совокупности с рельефом и климатом создают условия для развития эрозионных процессов. Так, от водной эрозии страдают 63,7 тысяч га пахотных земель, от ветровой эрозии - 13,9 тысяч га.

Антрацитовский район беден на водные ресурсы. На территории г. Антрацита протекают две реки: Нагольчик и Крепенькая - бассейна реки Миус. Всего на территории района расположено 69 прудов и водохранилищ, протекает 16 рек. Проекты водохозяйственных зон и прибрежных полос водных объектов не разработаны, границы полос в натуре не вынесены. Водохозяйственную деятельность на территории района осуществляет ряд шахт ГП «Антрацит» и Антрацитовский департамент ОКП «Компания «Лугансквода», которые являются загрязнителями поверхностных водных объектов. Согласно государственной статистической отчетности ежегодно из природных водных объектов забирается 23,8 млн м воды, из них 20,0 млн м - попутно при добыче угля. Ежегодно сбрасывается 20,86 млн м в год возвратных вод. Из них - 20,3 млн м<sup>3</sup> (97%) отнесены к категории загрязненных.

Данные регионального экологического мониторинга подтверждают превышение требований санитарных норм **качества воды в реке Миус**, ниже впадения р. Нагольчик, по следующим параметрам:

- химическое потребление кислорода (ХПК) - 2,0 ПДК;
- сухой остаток - 1,2 ПДК;
- жесткость составляет 1,3 ПДК;
- кислородный режим удовлетворительный;

Класс качества воды – 4, "загрязненная".

**Качество воды в устье реки Нагольчик** не отвечает требованиям санитарных норм по сухому остатку - 1,2 ПДК и потреблению кислорода - 1,4 ПДК. Кислородный режим удовлетворительный. Класс качества воды - 4, "загрязненная".

Важной проблемой для Антрацитовского района остается очищение сточных вод населенных пунктов. Очистительные сооружения и канализационная сеть города нуждаются в реконструкции и капитальном ремонте.

Таким образом, основными проблемными вопросами региона в части сохранения водных ресурсов являются:

1. Отсутствие водоохраных зон вынесенных в натуре, в т.ч. прибрежных защитных полос.

2. Существующие сети ливневой канализации не переданы на баланс эксплуатирующей организации. Отведение ливневых и талых вод с территории города осуществляется без очистки.

3. Изношенность очистных сооружений, канализационных насосных станций и канализационных сетей.

4. Не ведется работа по выявлению бесхозных, заброшенных, требующих ликвидации (тампонажных работ) скважин. Для решения вопроса необходимо направить усилия на:

- реконструкцию и восстановление канализационных сетей и очистных сооружений;
- проведение инвентаризации на предприятиях и хозяйствах района бесхозных водозаборных скважин, а также скважин, подлежащих ликвидации (тампонажу);
- установление и вынесение в натуру вдоль водных объектов водоохраных зон, в том числе прибрежных защитных полос.

### **Выводы**

Таким образом, решение существующих в регионе проблем возможно лишь при условии четко скоординированных действий, плодотворного взаимодействия и совместных усилий всех специально уполномоченных органов в вопросах охраны природы.

### **Литература**

1. Статистический сборник Луганской области, 2009.
2. Денисенко В. И. Загрязнение окружающей среды и здоровье населения // Научно - попул. эколог. журнал "Родная природа". 2002. -№1.- С.31-33.

Розглянутий аналіз впливу вугільних шахт Антрацитівського регіону на стан атмосферного та водного середовища міста та району. Наведено якісний аналіз води в усті річок Нагольчик ті Міус.

*Ключові слова: вугільна промисловість, біосфера, шахтні води, відстійники.*

The analysis of influence of collieries of Antratsitovsky region on a condition of the atmospheric and water environment of a city and area is considered. Qualitative water analysis in a mouth of the rivers Nagolchik and Mius is resulted

*The coal industry, biosphere, mine waters, sediment bowls.*

- Киященко В.В. – Антрацитовский факультет горного дела и транспорта Восточноукраинского национального университета имени В.Даля, старший преподаватель кафедры «Инженерии и общеобразовательных дисциплин»
- Рецензент: - Харьковський Б.Т., проф., к.т.н. кафедри екології Восточноукраїнського національного університету імені В.Далія

*Статья подана  
02.10.2010*

Домська Г. С.,

м. Краснодар

### ПОРОДНІ ВІДВАЛИ ВУГІЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ ЯК ВАЖЛИВИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ОБ'ЄКТ РЕГІОНУ

У статті проведено аналіз можливості використання породних відвалів як техногенних покладів корисних копалин. Розглянуто порівняльну характеристику складу породних відвалів Краснодарського регіону, виділено складові компоненти які можна вилучити з териконів. У статті розглядається можливість виділення з породних відвалів цінних компонентів. Табл 1, літ.8.

*Ключові слова:* породні відвали, техногенні родовища, промислові відходи, германій, галій, титан, токсичність, забруднення.

Вугільна промисловість є у Краснодарському регіоні містоутворюючою. На території регіону зосереджена велика кількість вугледобувних підприємств, а видобуток вугілля залишає по собі велику кількість багатотоннажних відходів. Навіть розпочата останнім часом реструктуризація вугледобувних підприємств, не вирішує проблему породних відвалів.

Природні відвали негативно впливають на навколишнє середовище, викликаючи забруднення усіх складових біосфери та підвищуючи рівень захворюваності населення. Порідні відвали горять, отруюючи атмосферу оксидами сірки і азоту, з них здувається пил, з - під них проступає високомінералізована вода, вони займають значні території.

Основними чинниками негативного впливу порідних відвалів на навколишнє природне середовище є:

- порушення природного ландшафту земної поверхні;
- пилогазове забруднення атмосфери;
- порушення гідрологічного режиму прилеглих територій;
- хімічне і радіологічне забруднення ґрунтів і вод.

Але породні відвали вугледобувних підприємств можна перетворити і на корисні для регіону об'єкти, використовуючи їх як техногенні поклади корисних копалин.

Створення підприємств для комплексної розробки техногенних родовищ дозволить вирішити ряд проблем шахтарських міст і районів: зменшити навантаження на місцеві ринки праці, збільшити обсяги коштів, що поступають до місцевих бюджетів, понизити екологічне забруднення навколишнього середовища, повернути в оборот землі, що знаходяться зараз під териконами, отримати цінну продукцію, затребувану на ринку.

Сьогодні увага промисловості як в далекому, так і в ближньому зарубіжжі знов звертається до порідних відвалів вугільних шахт. Широкий спектр різних хімічних сполук і елементів, що включають германій, і рідкоземельні, а також глинозем для виробництва бокситів, залізняк і безпосередньо вугілля при високій доступності, низькій ціні і практично необмежених обсягах початкової сировини - породи, робить перспективним вказаний технічний напрям.

Раціональне вирішення проблеми промислових відходів залежить від ряду чинників: речового складу відходів, їх агрегатного стану, кількості, технологічних особливостей і так далі. Найбільш ефективним вирішенням проблеми промислових відходів є впровадження безвідходної технології. При комплексному використанні сировинних матеріалів промислові відходи одних виробництв є початковими сировинними матеріалами інших. Важливість комплексного використання сировинних матеріалів можна розглядати в декількох аспектах. По-перше, утилізація відходів дозволяє вирішити завдання охорони навколишнього середовища, звільнити цінні земельні угіддя, займані під відвали і шламосховища, усунути шкідливі викиди в навколишнє середовище. По-друге, від-

ходи в значній мірі покривають потребу ряду переробних галузей у сировині. По-третє, при комплексному використанні сировини знижуються питомі капітальні витрати на одиницю продукції і зменшується термін їх окупності.

### **Хімічний склад породних відвалів Краснодонського регіону**

Всього в регіоні Краснодону з урахуванням ліквідованих вугільних підприємств розміщено 29 порідних відвалів, які займають площу 2952,29 тис. м<sup>2</sup>. З них 11 діючих площею 1172,46 тис. м<sup>2</sup>. На території регіону функціонують 4 мулонакопичувачі, загальною площею 2,2 тис. м<sup>2</sup>; об'єднане хвостосховище, площа якого становить 1080 тис. м<sup>2</sup> і недіючий гідровідвал площею 184 тис. м<sup>2</sup>. Загальна площа зайнята під місця видалення відходів становить 4359,55 м<sup>2</sup>. У табл. 1 відображений порівняльний хімічний аналіз породи з відвалів декількох шахт ВАТ «Краснодонвугілля».

У табл. 1 наведений порівняльний аналіз хімічного складу деяких породних відвалів Краснодонського регіону.

Деякі хімічні елементи, що знаходяться у відвалах є токсичними. До токсичних елементів належить берилій, ванадій, вісмут, кобальт, марганець, мідь, молібден, миш'як, нікель, ніобій, ртуть, свинець, селен, сірка, талій, цинк, фосфор, фтор, хром і хлор.

Таким чином, виходячи з даних табл. 1 перевищення ГДК спостерігається щодо фосфору, концентрація якого становить 600...700мг/кг, проте цей показник не перевищує геологічний фон для ґрунтів півдня Луганської області. Концентрація миш'яку значно перевищує ГДК в 2...3,5 рази, а геохімічний фон приблизно в 1,3 рази.

Аналізуючи дані цієї таблиці можна зробити такі висновки.

1. Породні відвали містять у своєму складі германій та рідкоземельні сполуки, глинозем.
2. Деякі сполуки, а саме галій та скандій містяться у породних відвалах у промислових кількостях.

Кількість оксиду алюмінію у породних відвалах нашого регіону досягає 20%

Середній вміст галію від 8,75 до 16,0 мг/кг (рентабельність видобутку від 10 мг/кг, скандію від 10,0 до 12 мг/кг (рентабельність від 10 мг/кг).

Існує декілька можливостей використання вугільної породи з відвалів.

1. Виробництво бокситів і алюмінієвих сплавів – за даними ВАТ «Краснодонвугілля» вміст оксиду алюмінію у породних відвалах міста становить приблизно 20%, а вартість алюмінію – 2200 доларів за тону[8].
2. Відділення магнітних залізовмісних сполук з порідних відвалів.
3. Виділення цінних компонентів з порідних відвалів, таких як скандій – вартість близько 42 тис. доларів за кілограм, галій – вартість 1,5 тис. доларів за тону. Крім того, вміст титану від 3000 до 5500 мг/кг.
4. Виділення рідкоземельних елементів з порідних відвалів, наприклад ітрію.
5. Отримання аглопорита з порідних відвалів.
6. Отримання будівельних матеріалів (піску, гравію, щебеня, цементу).
7. Засипка доріг.
8. Засипка урвищ та інших негативних форм рельєфу.
9. Пошарова пересипка сміття на полігонах ТБО.
10. Наповнювач для бетону.
11. Використання тепла порідних відвалів для опалювання житлових масивів (якщо відвал знаходиться на території населених пунктів).
12. Використання в сільському господарстві як добрива, адже вміст фосфору у породі відвалів близько 600 мг/кг. Приблизна вартість фосфорних добрив становить 320 доларів за тону[7].

Таблиця 1

Хімічний склад породних відвалів, розташованих у Краснодонському регіоні

Елементи	Клас небезпеки	ГДК мг\ кг	Геологічний фон для ґрунтів півдні області, міліграм/кг	Виявлені концентрації, середнє значення, мг\ кг				
				Ш. Самсоновська-Західна	Ш. 50 РІЧЧЯ СРСР	Ш. Горівхівська	Ш. Судольська-Восточная	Ш. ім. Н.П. Баранова
Ртуть	1	1,0	0,09	0,078	0,62	0,13	0,051	0,43
Фосфор		500	699,0	700,0	600,0	700,0	600,0	600,0
Свинець	1	30,0	13,7	14,0	13,3	29,0	18,8	16,3
Мідь	2	56,0	28,0	30,0	27,5	30,0	30,0	27,5
Титан			3041,0	5500,0	4500,0	4200,0	3500,0	3750,0
Миш'як	1	2,0	5,0	6,5	6,6	6,0	2,5	2,0
Ванадій	1	150,0	90,0	110,0	92,5	124,0	85,0	112,5
Марганець	3	1000,0	575,0	760,0	850,0	620,0	450,0	500,0
Галій			11,13	10,0	8,75	16,0	12,5	11,3
Вольфрам	3		3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Нікель	2	50,0	46,0	50,0	32,5	58,0	50,0	42,5
Хром	2	100,0	133,0	100,0	60,0	94,0	77,5	72,5
Кобальт	2	50,0	11м	10,0	10,0	11,0	10,0	10,0
Вісмут	3		2,0	2,0	2,25	2,0	2,0	2,0
Барій	3		255	420,0	600,0	450,0	400,0	650,0
Ніобій			20,3	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Молібден	2	4,0	1,8	1,9	1,5	2,1	1,25	1,625
Олово	3		4,3	5,8	5,0	7,8	9,3	6,5
Літій	1		45,0	38,0	45,0	46,0	45,0	40,0
Ітрій			13,1	16,0	17,5	13,0	13,75	15,0
Цинк	1	100,0	68,0	88,0	55,0	124,0	100	92,5
Скандій			10,0	11,0	12,5	10,0	10,0	10,0
Германій	3		1,4	2,0	2,25	2,3	2,125	2,0

Ступінь утилізації і переробки відходів вугільних підприємств дуже низький, внаслідок чого велика кількість ресурсно-цінних сполук, що містяться в шахтних відвалах не використовується і втрачається для економіки міста.

Відходи вуглевидобування в місті не фактично утилізувалися, і ніде не утилізуються.

У розвинених індустріальних країнах світу рівень використання промислових відходів досягає 70-80%, тоді як в Україні і ближньому зарубіжжі він не перевищує 12-15%.

У США, наприклад, з промвідходів отримують 20% всього алюмінію, 33% заліза, 50% свинцю і цинку, 44% міді і так далі.

Дослідивши потенціал регіону можна зробити висновки, що терикони є важливим економічним об'єктом.

Для видобутку цінних компонентів з породних відвалів необхідно на базі шахт, що закриваються або вже закриті, створювати підприємства для розбору териконів. На території Краснодонського регіону знаходиться декілька реструктуризованих вугледобувних підприємств. Сьогодні час в регіоні Краснодону налічується шість закритих шахт. Це: Суходольська №1, ім. С. Тюленіна, ім. Лютікова, Краснодарська-Південна, Донецька, «Перемога», шахта Таловська, Північна. Перелопативши відвал, просто витягувати з його породи германій, а потім везти на завод для виплавки металу або вилучення інших цінних компонентів недоцільно. Наявність на шахтах залізничних і автомобільних під'їзних колій, приміщень промислового і побутового призначення, енергетичного комплексу дозволить скоротити витрати і терміни введення в роботу планованого виробництва. Крім цього створення підприємств дасть роботу жителям шахтних селищ.

Створення підприємств для комплексної розробки техногенних родовищ дозволить вирішити ряд проблем шахтарських міст і районів: зменшити навантаження на місцеві ринки праці, збільшити обсяги коштів, що поступають до місцевих бюджетів, знизити екологічне забруднення навколишнього середовища, повернути в оборот землі, що знаходяться зараз під териконами, отримати цінну продукцію, затребувану на ринку.

Для поліпшення екологічної і соціально-економічної ситуації в шахтарських містах необхідно створювати підприємства з комплексної переробки техногенних родовищ, що утворилися в результаті діяльності вугільної промисловості, з відходів здобичі і збагачення вугілля, що приведе до зниження рівня безробіття, скорочення обсягів викидів пилу, оксидів сірки і азоту з порідних відвалів, а також вивільнення значних площ, зараз зайнятих порідними відвалами.

Для забезпечення ефективної діяльності підприємств з переробки техногенних родовищ потрібно забезпечити комплексність розробки техногенних родовищ з отриманням основної продукції (сортове вугілля) і ряду попутних корисних компонентів (щебінь різних фракцій) з максимальним використанням гірської маси родовища, що розробляється, і мінімальним забрудненням навколишнього середовища, з використанням твердих відходів збагачення, що утворюються, а також із застосуванням надійного модульного вітчизняного устаткування для переробки техногенних родовищ.

Підприємства з комплексної переробки техногенних родовищ здатні ефективно працювати, випускаючи декілька видів продукції, спроможної на ринку. В першу чергу це вугілля і щебінь декількох фракцій (0-150 мм), а також присадки до цементу, фосфорні добрива. Відходи процесу переробки використовуватимуться для засипки провалів земної поверхні.

Розробка техногенних родовищ дозволить перейти до раціонального природокористування із забезпеченням взаємозв'язків різних екологічних і соціально-економічних чинників з метою зниження негативного впливу наслідків діяльності гірських підприємств на навколишнє середовище за умови урахування інтересів соціально-територіальної спільноти.

Для стимулювання раціонального природокористування підприємств з розробки техногенних родовищ необхідно удосконалювати механізм взаємодії цих підприємств з регіональними і місцевими органами влади.



### Висновки

Таким чином, розробка техногенних покладів корисних копалин дозволить отримати з порідних відвалів такі матеріали і компоненти:

- скандій;
- галій;
- титан;
- алюміній;
- рідкоземельні елементи;
- вугілля;
- силікатні матеріали для будівельних цілей;
- добрива.

Крім того, комплексна розробка породних відвалів дозволить вирішити цілу низку екологічних проблем та соціальних проблем регіону:

1. Екологічних – терикони розташовуються в безпосередній близькості від населених пунктів, що призводить до забруднення навколишнього середовища.
2. Соціальних – створення нових робочих місць.
3. Земельних – звільнення територій під забудову.

### Література

1. Паспорт породних отвалов шахты «Самсоновская-Западная», ОАО «Краснодонуголь».
2. Паспорт породных отвалов шахты 50 - летию СССР, ОАО «Краснодонуголь».
3. Паспорт породных отвалов шахты «Ореховская», ОАО «Краснодонуголь».
4. Паспорт породных отвалов шахты «Суходольская-Восточная», ОАО «Краснодонуголь».
5. Паспорт породных отвалов шахты им. Н.П. Баракова, ОАО «Краснодонуголь».
6. Збірка доповідей VI міжнародної наукової конференції аспірантів і студентів "ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ". Том 1.– Донецьк, 2007. – С. 50-51.
7. <http://www.mineral.ru/>
8. [http:// Fin.Org.ua](http://Fin.Org.ua)

В статье проведен анализ возможности использования породных отвалов в качестве техногенных месторождений полезных ископаемых. Рассмотрена сравнительная характеристика состава породных отвалов Краснодонского региона, выделены составляющие компоненты, которые можно извлечь из терриконов. В статье рассматривается возможность извлечения из породных отвалов ценных компонентов. Табл. 1, лит.8. Породные отвалы, техногенные месторождения, промышленные отходы, германий, галлий, титан, токсичность, загрязнение.

The analysis of possibility of the usage of waste dumps as technogenic deposits of minerals is conducted in the article. Comparative description of waste dumps composition of the Krasnodon region is considered; forming components which can be extracted from waste banks are selected. Possibility of extraction of valuable components from the waste dumps is examined in the article. Table 1, sources 8. Waste dumps, technogenic deposits, industrial wastes, germanium, gallium, titan, toxicness, pollution.

Автор – Домська Ганна Сергіївна, асистент кафедри природничих та фундаментальних дисциплін Краснодонського факультету інженерії та менеджменту Східноукраїнського національного університету ім. В.Даля.

Рецензент – Аптекарь Михайло Давидович, декан Краснодонського факультету інженерії та менеджменту, професор, к.х.н.

*Стаття подана  
06.10.2010*

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГІДРОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ТЕС

Стаття присвячена визначенню ступеня взаємодії гідротранспортних систем ТЕС і навколишнього середовища, виявленню основних факторів, що впливають на надійність роботи гідрозоловидалення ТЕС, і розробці заходів для збільшення надійності таких систем.

*Ключові слова:* гідротранспортна система, надійність, ТЕС.

**Постановка проблеми.** Одним зі шляхів підвищення ефективності, екологічності та удосконалювання транспортної мережі України є подальший розвиток трубопровідного гідравлічного транспорту твердих матеріалів.

Цей вид транспорту широко застосовується в багатьох галузях народного господарства. Він найпоширеніший у гірничодобувній і вугільній промисловості, а також на ТЕС.

Застосування гідротранспортних систем (ГТС) досить ефективно при гідромеханізації наміву гребель, дамб, полотна залізних та автомобільних доріг.

Основними перевагами трубопровідного гідротранспорту є його здатність безперервного транспортування більших обсягів вантажів, а також можливість повної автоматизації транспортного процесу і його інтеграції у виробничий цикл, висока продуктивність та екологічна сумісність із навколишнім середовищем. Використання ГТС не залежить від рельєфу місцевості.

Промисловий гідротранспорт транспортує гідросуміші різних фракцій з підвищеною абразивною здатністю, що спричиняють інтенсивне спрацювання устаткування. Процес зношування окремих елементів ГТС залежить від режиму та умов транспортування, а також від фізико-механічних характеристик твердих часток і матеріалу поверхні.

Відмова ГТС може призвести до значних екологічних та економічних наслідків, пов'язаних із втратою коштовної сировини, порушенням технологічного циклу та масштабним забрудненням прилягаючої території, що наносить непоправний збиток навколишньому середовищу [2].

**Мета статті.** Підкреслити актуальність проблем впливу підсистем ТЕС на навколишнє середовище та удосконалення ГТС ТЕС із метою збільшення надійності їхньої роботи та терміну експлуатації.

**Огляд останніх публікацій.** Твердопаливні ТЕС, що виробляють понад 25% електроенергії, застосовують гідротранспортні системи для видалення золи та шлаків.

Типова схема золошлаковидалення, зображена, на прикладі схеми гідрозоловидалення ТЕС Луганська на рис.1.

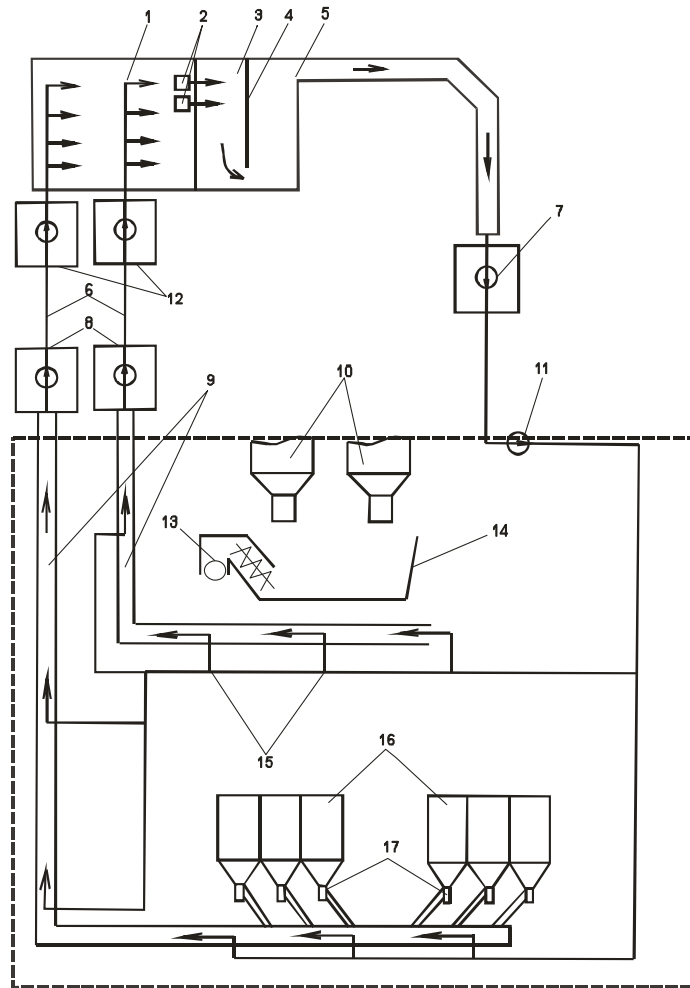


Рис. 1. Схема гідрозоловидалення ТЕС Луганська

1 - золошлаковідвал; 2 - шахтні колодязі; 3 - басейн проясненої води; 4 - розділова дамба; 5 - відкритий канал; 6 - пульпопроводи; 7 - насос; 8 - приямки багерних насосів 1-го підйому; 9 - самопливні канали; 10 - жужільні ванни котлів; 11 - змивні насоси; 12 - приямки багерних насосів 2-го підйому; 13 - первинний подрібнювач шлаків; 14 - жужільна ванна із системою видалення шлаків; 15 - спонукальні сопла; 16 - золоуловлювачі; 17 - блимавки.

Донедавна системи гідрозоловидалення були найбільш досконалими: надійне видалення осередкових залишків, повна автоматизація процесу видалення золи та шлаків, можливість використання для котлів будь-якої потужності та при будь-якій зольності палива, кращі санітарні умови, чим при використанні інших типів золошлаковидалення [3].

Однак для будівництва золоотвалів та їхньої інженерної інфраструктури (золопроводов, насосних станцій та ін.) потрібне відведення та вилучення із сільгоспобороту значних площ земельних угідь. Зберігання золошлакових відходів викликає потрапляння розчинів (найчастіше мають рН вище 10) із чаш золоотвалів у поверхневі та ґрунтові води з їхнім наступним насиченням, пиління золи з поверхні чаш золоотвалів, особливо при нагромадженні значної їхньої кількості та вичерпання вільних ємностей на золовідвалі (на ТЕС Донбасу під золошлаковідвали зайнято близько 1,5 тис. га території). Під час експлуатації виникають пориви пульпопроводів і витікання золошлакової суміші з виведенням із раціонального землевикористання родючих земель [4].

Причинами перерахованих вище недоліків є:

- нераціональне використання води (низька масова концентрація твердої фази в гідросуміші);
  - використання пристроїв застарілих конструкцій (як уловлювального, так і насосного устаткування);
  - порушення режимів транспортування (транспортування із частковим замуленням);
  - складність гідротранспортної системи;
  - відсутність чітких правил експлуатації систем гідрозоловидалення.
- Аналіз отриманих даних показав, що експлуатовані системи золошлаковидалення мають потребу в модернізації для збільшення ступеня їхньої надійності.
- Удосконалювання ГТС ТЕС можна зробити за такими напрямками:
- збільшення концентрації твердої фази в пульпі, що можна здійснити застосуванням альтернативних видів транспорту (заміна спонукальних сопів у самопливних каналах гідрозоловидалення іншим видом транспорту без використання води);
  - підбір режиму транспортування без часткового замулення (підбір раціонального діаметра шлакозопроводів з урахуванням критичної швидкості транспортування);
  - спрощення схеми золошлаковидалення, насамперед пов'язаного з ліквідацією проміжних багерних насосних станцій (заміна використовуваних ґрунтових насосів углесосами, що забезпечують більший напір);
  - розробка чітких правил експлуатації систем гідрозоловидалення.

#### **Висновки:**

1. Відмова гідротранспортних систем ТЕС може призвести до забруднення навколишнього середовища.
2. Джерелами недоліків систем гідрозоловидалення є нераціональне використання води, порушення режимів транспортування, складність ГТС і відсутність чітких правил експлуатації.
3. Підвищення надійності систем золошлаковидалення полягає в застосуванні альтернативного виду транспорту для збільшення концентрації твердої фази в гідросуміші, підборі раціонального режиму транспортування та діаметра трубопроводів, спрощенні схем експлуатованих ГТС завдяки ліквідації (зниженню кількості) проміжних багерних насосних станцій, розробці чітких правил експлуатації систем золошлаковидалення для кожної ТЕС окремо.

#### **Література:**

1. Анализ общемировых тенденций и перспективы решения проблемы золошлаков ТЭС в России: материалы Междунар. научн. практ. семинара [«Золошлаки ТЭС — удаление, транспорт, переработка, складирование»]/ В.Я.Путилов, И.В.Путилова. - М.: Издательство МЭИ, 2007. - с.10-16.
2. Вишня Б. Л. Перспективные технологии удаления, складирования и использования золошлаков ТЭС / Б. Л. Вишня, В. М. Уфимцев, Ф. Л. Капустин ; Федер. агентство по образованию "Ур. гос. техн. ун-т - УПИ". - Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006. - 396 с.
3. Гаврилов Е.И. Топливо-транспортное хозяйство и золошлакоудаление на ТЭС: [Учеб. пособие для вузов по спец. "Тепловые электр. станции]/ Е.И. Гаврилов. - М.: Энергоатомиздат, 1987. – 426 с.
4. Назмеев Ю. Г. Системы золошлакоудаления ТЭС/ Ю. Г. Назмеев. - М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 386 с.
5. Мартынюк Р.Е. Новые рациональные схемы технического перевооружения систем гидрозолаулавливания/ Р.Е. Мартынюк. Энергетик. №6, 1993, - с. 13-15.
6. Тихонова А.И. Усовершенствование системы обращения с отходами теплоэлектростанций Донецкой области: материалы VIII научно-технической конференции аспирантов и студентов, Т.1/ А.И.Тихонова. – Донецк, ДонНТУ, 2009, - с. 49 – 50.

Чернецкая Н.Б. Капустин Д.А. Повышение надежности гидротранспортных систем ТЭС. Статья посвящена определению степени взаимодействия гидротранспортных систем ТЭС и окружающей среды, выявлению основных

факторов, влияющих на надежность работы систем гидрозолоудаления ТЭС, и разработке мер для увеличения надежности таких систем.

*Ключевые слова: гидротранспортная система, надежность, ТЭС.*

Chernetskaya N.B., Kapustin D.A. Increase of reliability of hydrotransport systems of TES. The article is devoted determination of degree of co-operation of hydrotransport systems of TES and environment. To the exposure of basic factors of the influencing on reliability of work systems of ash-trench of TES and development of measures for the increase of reliability of such systems.

*Keywords: hydrotransport system, reliability, TES.*

Чернецька Н.Б. - Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, завідувач кафедри "Організація перевезень і управління на залізничному транспорті", д.т.н., професор.

Капустін Д.А. - Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, аспірант кафедри "Організація перевезень і управління на залізничному транспорті".

Рецензент: д.т.н., проф. Соколов В.І.

*Стаття подана  
10.09.2010*

Дмитрієнко Д.В.,

Луганськ

## ВДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМ ЦИКЛОННИХ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧІВ

Проведено теоретичні дослідження ефективності схем циклонних пиловловлювачів в повітряних системах. Зроблено висновок про переваги пиловловлювачів зі ступеневим відведенням пилу.

*Ключові слова: циклонний пиловловлювач, повітряна система.*

### Постановка проблеми

Захист повітряного басейну від викидів промислових підприємств і енергетичних об'єктів є однією з найважливіших проблем сучасної промисловості. Забруднення повітряного середовища викликати порушення екологічних систем, погіршує санітарно-гігієнічний стан атмосферного повітря і завдає шкоди економіці держави.

Для очищення повітря в транспортних об'єктах часто застосовують сухі механічні пиловловлювачі - апарати з різними механізмами осадження (гравітаційним, інерційним і відцентровим). Одним з основних різновидів таких апаратів є сухі інерційні пиловловлювачі [1], які знаходять широке застосування на залізничному транспорті (у повітряних системах двигунів внутрішнього згорання, системах охолодження тягових електродвигунів, у вентиляторних і компресорних установках, та ін.), завдяки простоті їхнього виготовлення й надійності в експлуатації.

Серед інерційних пиловловлювачів циклони є одними з найперспективніших апаратів очистки газів від твердих часток завдяки відсутності рухомих частин, надійній роботі в широких межах температур і при високих тисках, стабільності гідравлічного опору, простоті виготовлення та ремонту.

Стимує подальше розширення сфери застосування циклонів значний гідравлічний опір (1200-1500 Па) та низька ефективність вловлювання часток розміром менше 5 мкм, тому вони часто виконують попереднє очищення газів.

Надійність силових установок транспортних, сільськогосподарських та інших машин значною мірою забезпечують засоби очищення від пилу повітря, що надходить. Тому розробка ефективних і економічних пиловловлюючих апаратів є важливим завданням, що постає перед науковцями і конструкторами нової техніки.

### Аналіз попередніх досліджень

На практиці широко використовують циліндричні (з подовженою циліндричною частиною) і конічні (з подовженою конічною частиною) циклони. Циліндричні циклони зазвичай належать до високопродуктивних апаратів, а конічні - до високоефективних. Діаметр циліндричних циклонів не більше 2000 мм, а конічних, не більше 3000 мм.

Для збільшення ефективності пиловловлення в апаратах відцентрового типу використовується цілий ряд способів: інтенсифікація закрутки газового потоку на вході в апарат, зниження вторинного віднесення пилу, організація своєчасного і ефективного вивантаження пилу, паралельне використання інших механізмів осадження часток та ін. Перспективним шляхом вдосконалення пиловловлювальної техніки є створення апаратів, які поєднують принципи дії декількох різних апаратів. Це дозволяє підвищити ефективність пиловловлювання і зменшити виробничі площі, знизити енергетичні затрати у порівнянні з використанням декількох окремих пиловловлювачів.

У ряді робіт [2,3] основною причиною низької ефективності при очищенні повітря від дрібнодисперсного пилу та високого гідравлічного опору називають явище радіального стоку (рис.1).

Вдалим технічним рішенням було створення пиловловлювача, в якому поєднані принципи дії циклонних і жалюзійних апаратів; за результатами експериментальних і теоретичних досліджень [4] він вигідно відрізняється в порівнянні з циклонами і жалю-

зійними пиловловлювачами за показниками ефективності пиловловлювання і за величиною гідравлічного опору. Проведені дослідження цього пиловловлювача дозволили виявити не тільки його переваги, але і недоліки та намітити шляхи їх усунення.

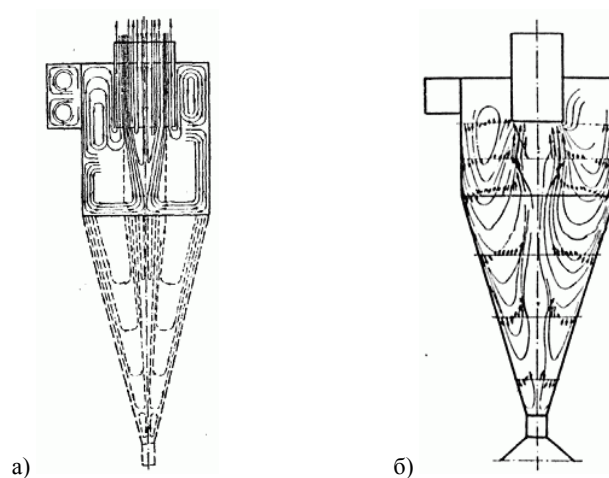


Рис. 1. Зображення радіального стоку та потоків повітря в циклоні за даними: а) – [2], б) – [3].

У конструкції відцентрово-інерційного пиловловлювача з жалюзійним відведенням повітря ці недоліки суттєво зменшені, ефективність пиловловлювання і гідравлічний опір поліпшені. Але і в цьому апараті не вдалося повністю позбутись підсмоктування потоком очищеного газу частинок пилу, що рухаються біля стінки корпусу апарата, це в кінцевому підсумку, знижує ефективність цих апаратів.

Циклон зі ступеневим відведенням твердої фази (рис.2) відрізняється тим, що в ньому передбачено відбір твердої фази за висотою апарата: перший – при переході циліндричної частини корпусу в конічну, другий – на половині висоти конічної частини корпусу, третій – внизу конічної частини, де встановлений випускний клапан.

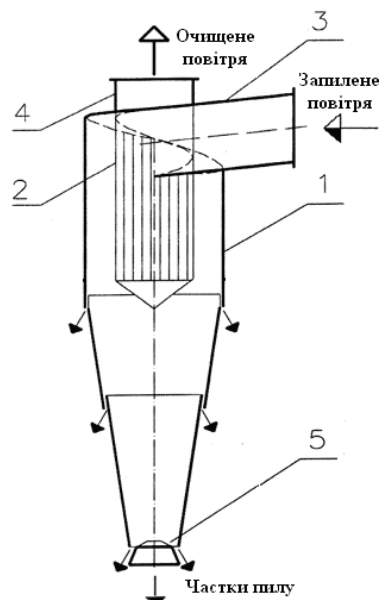


Рис. 2. Циклон зі ступеневим відведенням твердої фази [5]: 1 – циліндроконічний корпус; 2 – жалюзійна решітка; 3 – патрубок підведення пилоповітряного потоку; 4 – патрубок відведення очищеного повітря; 5 – випускний клапан.

Таке рішення має забезпечити підвищення ефективності пиловловлювання завдяки зменшенню концентрації твердих частинок біля стінок корпусу, а, отже, зменшенню ймовірності підсмоктування їх потоком очищеного газу, а також зменшенню виносу частинок з нижньої частини апарата потоком газу, що піднімається.

#### **Мета статті**

Для підвищення ефективності застосування пиловловлюючих апаратів треба дослідити фактори, що впливають на ефективність та гідравлічний опір. Результати досліджень можуть мати практичне значення не тільки у сфері транспорту, але й у тих сферах техніки, де використовуються процеси пиловловлювання, наприклад у хімічній технології та ін.

Метою проведених у роботі теоретичних досліджень було дослідження ефективності циклонних пиловловлювачів із ступеневим відведенням пилу.

#### **Матеріали та результати досліджень**

Процес очищення повітря від пилу в циклоні відбувається під впливом ряду негативних факторів:

- наявність радіального стоку;
- завихрення потоків між вихлопною трубою та зовнішньою стінкою циклона;
- турбулентність руху повітряного потоку в циклоні.

До факторів, що позитивно впливають на ефективність та гідравлічний опір циклона, належать:

- відведення частини очищеного повітря з циклона перед вихлопною трубою;
- зниження швидкості потоку повітря у вихлопній трубі;
- зниження радіального стоку у кінцевій частині циклона;
- зменшення перепаду статичного тиску у плоскому перерізі циклона.

При дослідженнях відцентрово-інерційного пиловловлювача із спіральною жалюзійною решіткою, в якому поєднані принципи дії циклонних і жалюзійних пиловловлювачів, газовий потік розглядається як суперпозиція двох потоків: плоского стоку і плоского вихору. Апарат при цьому зручно розбити на зони, в яких визначаються траєкторії руху частинок різних розмірів. При цьому кінцева точка траєкторії на попередній ділянці використовувалась для задання початкових умов при розрахунку траєкторії на наступній.

Використання математичного моделювання при дослідженні руху пилових часток полегшує і прискорює проектування циклонів, скорочує необхідну кількість експериментальних зразків і випробувань при доведенні конструкцій для досягнення необхідної ефективності очищення газу.

При теоретичному розрахунку ефективності пиловловлювання у відцентрово-інерційному пиловловлювачі з жалюзійною решіткою визначаються траєкторії руху частинок різних розмірів, що входять в апарат у різних точках вхідного патрубку. При відомому режимі руху пилогазового потоку в апараті визначають: частинки яких розмірів і з якого перерізу вхідного патрубка за час перебування в апараті можуть потрапити на жалюзійну решітку, а яких досягають стінки його корпусу і опускаються вниз апарата біля стінки, або, не встигаючи досягнути стінки корпусу, виходять із пиловловлювача через патрубок виводу пилу, в який вони потрапляють з частиною газового потоку, що транспортує відокремлений пил.

Тобто розрахунок зводиться до визначення ефективності відділення, що досягається завдяки циклонній сепарації, тобто без врахування роздільних властивостей жалюзійної решітки. Роздільна здатність решітки оцінюється як різниця між показниками загальної ефективності, визначеної експериментально в тих умовах, параметри яких закладені в розрахункові рівняння, і показниками циклонної сепарації, розрахованої теоретично [5].

На відміну від моделей розрахунку відцентрово-інерційних пиловловлювачів з жалюзійним відводом повітря і жалюзійно-вихрового пиловловлювача, суть розрахунку ефективності циклона зі ступеневим відведенням пилу полягає у перевірці другої необхідної умови сепарації частинок, а саме умови рівності відцентрової сили частинки, яка перебуває на границі осьової течії зтягувальної сили радіального стоку. За цією konce-



пцією зрівноважені таким чином частинки обертаються на стаціонарній кільцевій орбіті і мають однакову ймовірність бути знесеними у вихлопну трубу, або залишитись у циклоні і бути вловленими.

Якщо припустити, що частинки пилу мають сферичну форму, їх концентрація достатньо мала (виключає взаємодію частинок між собою і їхній вплив на рух газового потоку), а також вважаючи, що циклон розташований вертикально, можна скласти рівняння руху часток у газовому потоці.

Рух частинки пилу масою  $m_p$  й радіусом  $r_p$  в області потенційного вихору з постійною циркуляцією в циліндричній камері описується таким рівнянням [6]:

$$m_p \frac{d\bar{V}}{dt} = \bar{F}_{hd} + \bar{G} \quad (1)$$

де  $\bar{F}_{hd} = \int_s -p\bar{n}\delta S$  – головний вектор поверхневої гідродинамічної сили впливу потоку

на тверду частку, що зручно представити через суму складових:  $\bar{F}_d$  – силу лобового опору,  $\bar{F}_r$  – силу тиску потоку на частку, внаслідок градієнта тиску вздовж радіуса циліндричної камери  $R$ ;

$\bar{G} = m_p \bar{g} = \frac{4}{3}\pi r_p^3 \rho_p \bar{g}$  – головний вектор масових сил.

Гідродинамічний опір частки радіусом  $r_p$ , що рухається зі швидкістю  $\bar{V}_p$  відносно газу з питомою масою  $\rho$ , виражається формулою:

$$F_d = \psi \pi r_p^2 \rho \frac{V_p^2}{2}. \quad (2)$$

Коефіцієнт динамічного опору  $\psi$  залежить від числа Рейнольдса. При русі з малими швидкостями й дуже невеликими розмірами часток порядку  $10^{-3}$  мм, коли  $0 < Re < 1$ ,  $\psi = 24/Re$ , а опір визначається формулою Стокса [7]

$$\bar{F}_d = 6\pi\mu r_p \bar{V}_p, \quad (3)$$

де  $\mu$  – динамічна в'язкість газу.

Сила тиску рідини на частку досить рідко враховується авторами, що розглядають рух твердих часток у вихрових камерах циклонних і вихрових апаратів [1-5], якщо наявність радіального градієнта тиску незначно впливає на траєкторії часток:

$$\bar{F}_r = \pi\rho V_R^2 R^2 \frac{r_p^2}{r^2}, \quad (4)$$

де  $V_R$  - швидкість потоку на радіусі циліндричної камери  $R$ ,  $r$  – поточний радіус руху частки.

Вирішуючи рівняння (1) чисельними методами, можна встановити зв'язок між радіусом стаціонарної орбіти частинки і її розміром.

Відносні радіуси колоподібних стаціонарних орбіт у проекції на горизонтальну площину можна знайти з рівняння руху частки, вважаючи, що на орбіті швидкість част-

ки дорівнює швидкості рідини (сила лобового опору дорівнює нулю), що підтверджується розрахунками на математичній моделі [7]:

$$m_p \frac{d\bar{V}}{dt} = \bar{F}_r, \quad (5)$$

звідки

$$\bar{r} = k \frac{r_p \rho_p}{R \rho}, \quad (6)$$

де

$$\bar{r} = r / R, k \approx 26,6.$$

Таким чином, радіус стаціонарної орбіти пропорційний відношенню питомих мас і відношенню радіуса частки до радіуса циліндричної камери.

Результати розрахунків відносних радіусів орбіт за формулою (6) порівнювались з розрахунками на математичній моделі й повністю збіглися.

Якщо  $\bar{r} > 1$ , то радіус руху твердої частки навколо осі циліндричної камери буде дорівнювати радіусу циліндричної камери або  $\bar{r} = 1$ , тоді тверді частки будуть рухатися на периферії циліндричної камери й попадуть у випускний канал.

Спочатку були визначені радіуси стаціонарної орбіти частинок різних діаметрів із рівняння (6). Це дало змогу визначити, які частинки можуть досягти стінки корпусу пиловловлювача і через кільцеві зазори відразу ж можуть потрапити у пилозбірний бункер. Розрахунки були проведені для циліндричної частин двох апаратів: діаметром 0,4 м і 0,1 м (рис.3).

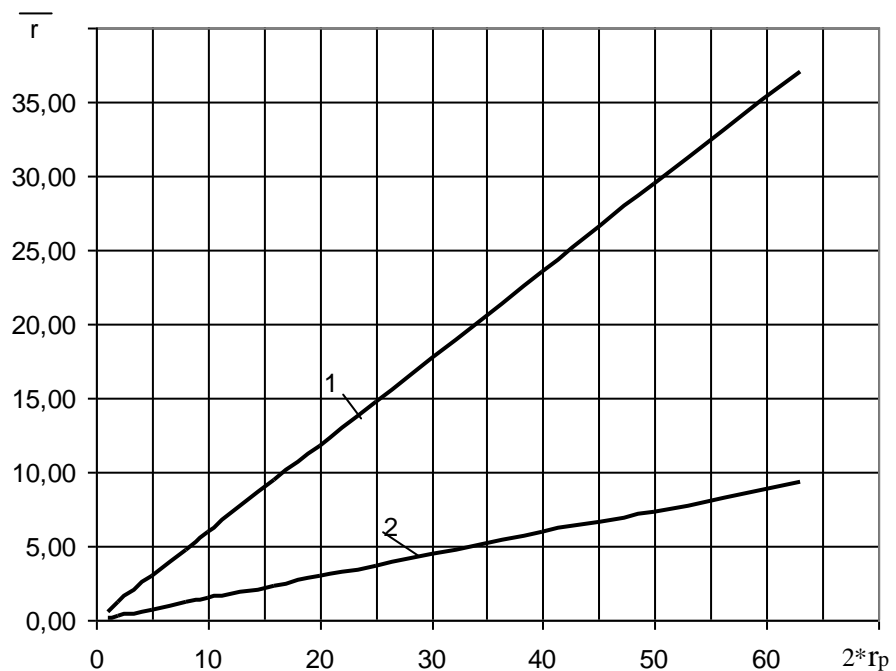


Рис. 3. Відносні радіуси стаціонарної орбіти частинок різних діаметрів в циліндричній частині апаратів діаметром 0,1 м (1) і 0,4 м (2).

За результатами проведених розрахунків критичний діаметр частинок, які можуть досягнути стінки корпусу і, отже, бути вловленими, в циліндричній частині пиловловлювача діаметром 0,4 м становить 3,3 мкм, а у пиловловлювачі діаметром 0,1 м 1,7 мкм відповідно, що співпадає з результатами [5].

В циклоні зі ступеневим відведенням пилу знесені частинки пилу потрапляють не в горловину вихлопної труби, а на бокову поверхню цієї труби, виконаної у виді жалюзійної решітки, де реалізується принцип дії жалюзійних вловлювачів [5]. Не всі частинки, знесені до вихлопної труби, будуть винесені з апарата – частина з них буде вловлена із застосуванням жалюзійної решітки.

Циклони недоцільно використовувати в установках з непостійним режимом роботи, оскільки їхня ефективність змінюється при коливаннях витрат газу та нерівномірних газових потоках. Цей недолік усувається в мультициклонах, в яких газовий потік розподіляється по паралельно підключених циклонах, які мають загальний ввід та відвід газів, а також збірний бункер.

Як правило, одержуваний вираш в ефективності досягається ціною збільшення енергетичних і капітальних витрат, ускладненням конструкції, підвищенням трудомісткості виготовлення й експлуатації, зниженням надійності. У цьому зв'язку набуває важливого значення культура виробництва та обслуговування, необхідність оснащення апаратів засобами автоматики з огляду на значну зміну характеристик циклона при несталих параметрах потоку газу.

### Висновки

1. Отримано аналітичну залежність радіусів колоподібних стаціонарних орбіт часток різних діаметрів в циліндричній камері циклона.

2. Для циклона зі ступеневим відведенням пилу необхідно брати до уваги додаткову умову виведення часток пилу завдяки відмінності його конструкції.

### Література

1. Охрана окружающей среды / Под ред. проф. С.В. Белова. – М., «Высшая школа», 1991.
2. Бретшнайдер Б, Курфюст И., Охрана воздушного бассейна от загрязнений: технология и контроль: пер с англ./ Под ред. А.Ф. Туболкина. – Л.: Химия, 1989. – 288 с.
3. Козориз Г.Ф. Пневматический транспорт деревообрабатывающих предприятий. – М.: Машиностроение, 1968. – 122 с.
4. Батлук В.А. Исследование процесса пылеулавливания с помощью жалюзийного инерционного пылеуловителя нового типа: Дис. канд. техн. наук: 05.17.08. -Львов. - 1973. -143с.
5. Куц В. П., Марціаш О. М., Ярош Я. Д. Визначення гідравлічного опору циклона зі ступеневим відведенням твердої фази / Вісник Сумського державного університету. Серія "Технічні науки". – Суми, 2003. №12(58). – С.98-102.
6. Сємин Д.А., Роговой А.С., Дмитриенко Д.В. Математическое моделирование движения твердой частицы в короткой вихревой камере// Вісник СХУ ім. В. Даля – 2003. - № 9(67), с. 123 – 126.
7. Сємин Д.А., Роговой А.С. О движении твердой частицы в центральной зоне вихревой камеры с газовой несущей средой. // „Промислова гідравліка і пневматика” Всеукраїнський науково-технічний журнал. – Вінниця: Вид-во Вінницького держ. ун-ту. – № 3(9). – 2005. – С. 48–51.

В статье проведены теоретические исследования эффективности схем циклонных пылеуловителей в воздушных системах. Сделан вывод о преимуществах пылеуловителей со ступенчатым отводом пыли.

*Ключевые слова: циклонный пылеуловитель, воздушная система.*

This paper contains the theoretical researches of cyclone separators schemes effectiveness in air systems. Advantages of air cleaning devices with stage dust outlets were concluded.

*Keywords: cyclone separator, air system.*

Дмитрієнко Дмитро Володимирович      доцент кафедри залізничного транспорту СНУ ім. В.  
Даля, м.Луганськ, Україна mail: [dmitrienkodv@ukr.net](mailto:dmitrienkodv@ukr.net)

Рецензент:                      д.т.н., проф. Чернецька Н.Б.

*Статтю подано  
12.10.2010*

## AN ANALYSIS OF PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM A DIESEL PASSENGER CAR FUELLED WITH OXYGENATED FUELS

The effects of synthetic diesel fuel oxygenates on a Euro 4 diesel passenger car particulate matter (PM) emissions were studied under the NEDC cycle. Six different oxygenates from different chemical families were used. The tests carried out proved a favorable influence of oxygenated compounds on PM emissions. They were effective at a low concentration of 5% v/v. The PM emissions reduction depended not only on the oxygen content in fuel but also on the other factors, among which the type of oxygenate is very important. The results of the experiments shown that carbonates as oxygenated fuel components reduced PM emissions more effectively (by up to 39% during the NEDC) than maleates (by up to 32%) and glycol ethers (by up to 16%).

*Key words:* compression-ignition engine, diesels fuel oxygenates, particulate matter, emissions.

### Introduction

The effects of inhaling particulate matter (PM) have been widely studied in humans and animals and include asthma, lung cancer, cardiovascular issues, and premature death. PM pollution is estimated to cause ca. 200,000 deaths per year in Europe. The diesel engines are on the one hand a significant source of the anthropogenic PM emissions but on the other hand in many aspects (high efficiency, low fuel consumption, low CO<sub>2</sub> emissions, high durability, etc.) they are better than the spark ignition engines. Although the diesel engines are more expensive, they are squeezing out the spark ignition ones, regardless of the fact that the PM emission from diesel engines is a serious problem as yet unsatisfactory solved. The NO<sub>x</sub> emission from diesel engines presents a similar problem. Thus as regards the PM and NO<sub>x</sub> emissions the diesel engines are definitely not as good as the spark ignition ones. The following progress in the development of the diesel engines in future will be dependent in a serious way on the possibility of getting the reduction in these emissions.

Without fundamental changes in combustion systems, one stand alone method has difficulty in significantly reducing NO<sub>x</sub> and PM. Despite the new promising diesel aftertreatment developments, the task to comply with ever more stringent regulations seems to be great. This fact has encouraged automotive researchers to look for other options to help control diesel emissions. One such option is to control diesel exhaust emissions through fuel modification because it would affect both new and old engines. Modification of diesel fuel in order to reduce exhaust emissions can be performed by: increasing cetane number, reducing fuel sulfur, reducing aromatic content, increasing fuel volatility and decreasing fuel density. However, the potential of conventional diesel fuel for emissions reduction has already been to a large extent exploited and the most important fuel parameters mentioned above, can nowadays be changed in a narrow range only. Moreover, the shortfall in NO<sub>x</sub> and PM emissions control in diesel engines is so great that much more drastic fuel changes will be needed. To have the compromise between engine performance and engine out emissions, one such change has been the possibility of using diesel fuels with oxygenates.

The fuel oxygenates have been widely used for years for gasoline. The gasoline oxygenates are not, however, suitable to be used in fuel for diesel engines due to their very low cetane numbers, low values of boiling point, their poor viscosity etc. Up until now the oxygenates are not commonly used for blending diesel fuels though considering the specificity of forming of air-fuel mixture and the combustion process in diesel engines the advantageous effects on emissions could be here much more intensive. In some respects fatty acid methyl esters (FAME) can be deemed the oxygenates used for blending the diesel fuels, though the

idea of their use is directly linked with utilizing farm production surplus rather than with supplying fuel with oxygen. The reduction in the PM emissions after using FAME as fuel in their pure form or in a form of the diesel fuel-FAME mixtures have been confirmed in many works. However, the amounts of oxygen in FAME are quite small – approx. 10% m/m, so to obtain some significant effects a considerable amount of FAME should be added. There are also many technological and operational problems as, among others, FAME have some hygroscopic properties and poor chemical stability.

The use of the synthetic additives is a more advantageous way of oxygenizing diesel fuels. Such groups of chemical compounds as ethers, acetals, carbonates, maleates and higher alcohols, should be taken into consideration. Some compounds of the mentioned groups have physical and chemical properties very similar to that of diesel fuel. Moreover, they are characterized with a very high oxygen content (even above 50% m/m). All this shows that these compounds should be effective even if a small amount of them is added and, moreover, they should be fully compatible with diesel fuel.

The influence of oxygenates on the diesel combustion process has not been precisely defined so far. There are not many papers available in which the research with synthetic diesel oxygenates have been presented, however, most of such studies deal with the PM emissions. The general mechanism of oxygenates action on PM is that, oxygenated compounds will be present on the fuel side of a mixing-controlled flame. These oxidizing agents are able to suppress soot early in its nucleation process and inhibit its peak production. The presence of oxygen reduces the formation of unsaturated cracking constituents, such as ethylene, which is considered as precursor of soot and PAH. Reduction in ethylene production suppresses the formation of polynuclear aromatic hydrocarbons and thus decreasing the formation of soot [1, 2, 3].

The majority of the published papers concerning the influence of oxygenates on exhaust emissions from diesel engines, have reported the results of research conducted under stationary conditions, for one or more engine operating points [4 – 16]. From among very few investigation carried out under transient conditions, the research performed by Delfort et al. [2] should be mentioned. They investigated the influence of oxygenates during the NEDC for a car representing Euro 2 technology. Another work worth to be mentioned was carried out by Yeh et al. [17] who investigated oxygenates over a hot ECE + EUDC test cycle using cars of the Euro 1 and 2 technologies.

The objective of this study was to analyze under transient conditions (on a chassis dynamometer) the influence of synthetic oxygenated additives on PM emissions from a modern (Euro 4) diesel passenger car. The research was carried out in the laboratories of the BOSMAL Automotive R & D Center in collaboration with the Institute of Internal Combustion Engines at Poznan University of Technology.

#### **Research Program**

The tests were conducted on a passenger car equipped with a direct injection (Common Rail) turbocharged diesel engine, representing the latest technology in production at the start of the research. Major data on the vehicle are shown in Table 1.

Table 1.

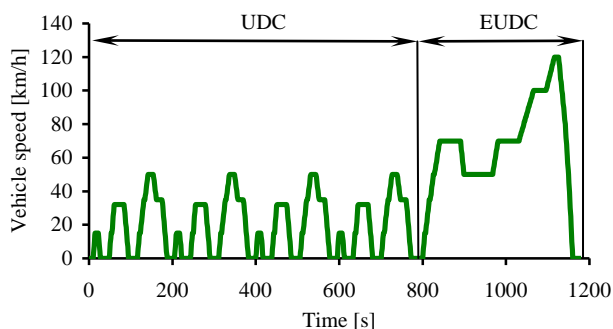
Specifications of the test vehicle

Vehicle Type	Passenger Car
Dry Weight	950 kg
Engine Type	Diesel, 4-cylinder in-line
Displacement	1.3 dm <sup>3</sup>
Max. Power	51 kW @ 4000 rpm
Max. Torque	145 Nm @ 1500 rpm
Injection / Combustion Type	Direct injection Common Rail, turbocharged (intercooled)

Continued table 1

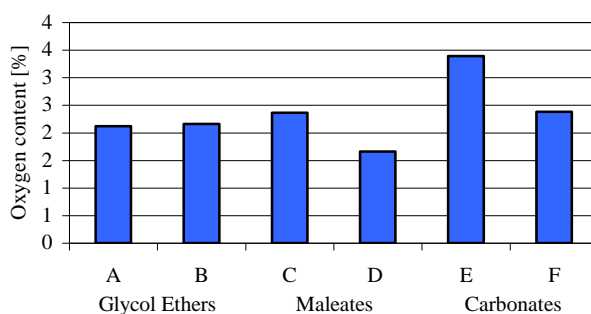
Exhaust Gas Recirculation	Electronically controlled (closed-loop)
Emission Control	Oxidation catalyst
Calibrated to	EURO 4

The New European Driving Cycle (NEDC – Fig. 1) was selected as a representative test for this study. The test was Urban Driving Cycle (UDC) (cold start), followed by the high-speed Extra Urban Drive Cycle (EUDC) (hot start). Tests were undertaken in order to determine the influence of both parts of NEDC on PM emissions.



**Fig. 1.** The New European Driving Cycle (UDC+EUDC) according to the European Directive 98/69/EC

Six synthetic oxygenated additives from different chemical families were tested. Each of oxygenates in this study was evaluated as a fuel additive at a concentration of 5% v/v in the same base diesel fuel (some oxygenates were also tested at a concentration of 10%). The base diesel fuel was the diesel fuel of the Euro 5 class with sulfur content lower than 10 ppm. Its detailed specification is presented in Table 2. The same diesel fuel was used as a reference fuel for evaluation of the effectiveness of the individual oxygenated fuels in the PM emissions reduction. The properties of the oxygenated additives used in tests are given in Table 3. The oxygenated additives are marked with letters from A to F. The research fuels containing specific oxygenates are marked with the same letters respectively. Due to different oxygen content and a different density of the oxygenated additives, the individual oxygenated fuels differed between themselves with the oxygen content which varied from 1.66 to 3.39 % m/m (Fig. 2).



**Fig. 2.** Oxygen content in the test fuels containing oxygenates at concentration of 5%

Table 2.

		Unit	Value
Cetane number		–	51.8
Cetane index		–	53.1
Density @ 20°C		kg/m <sup>3</sup>	831.2
Sulfur content		ppm	9.9
Oxygen content		%(m/m)	0.0
Viscosity	@ 20°C	mm <sup>2</sup> /s	4.283
	@ 40°C	mm <sup>2</sup> /s	2.773
Distillation	E250	%(v/v)	35.3
	E350	%(v/v)	97.6
	T95	°C	341.6
	FBP	°C	352.0
Aromatic hydrocarbons	Total aromatics	%(m/m)	23.9
	Monoaromatics	%(m/m)	21.4
	Diaromatics	%(m/m)	2.4
	Tri+ aromatics	%(m/m)	0.1
	Total PAH	%(m/m)	2.5

The tests were carried out at BOSMAL Automotive R&D Center's Emissions Testing Laboratory using the emissions chassis dynamometer Schenck 500/GS60 (Fig. 3). The CVS AVL CEC system with full-flow dilution tunnel AVL CET-LD/20 type and particulate sampling system AVL CEP-LD/100 PTS 60 l/min, controlling system CESAR and Sartorius microbalance were used to measure exhaust emissions.

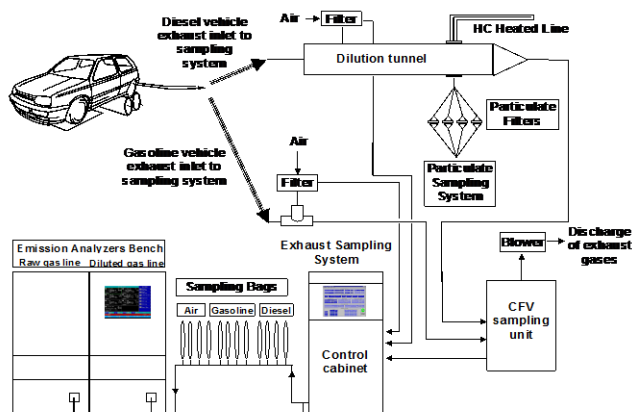


Fig. 3. Schematic of the exhaust emissions measurement system

Table 3.

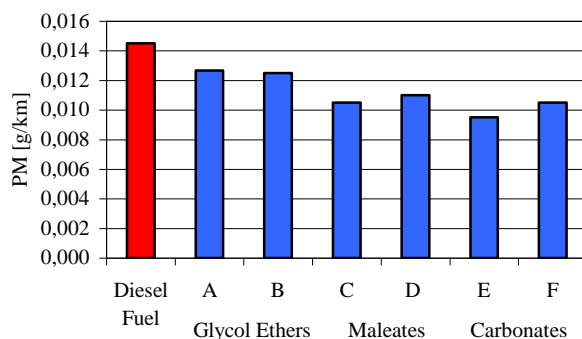
Code	A	B	C	D	E	F
Chemical family	glycol ether	glycol ether	maleate	maleate	carbonate	carbonate
Oxygen content, %(m/m)	36.0	36.0	37.3	28.1	53.3	40.7



<b>Boiling point, °C</b>	220	275	225	281	90	127
<b>Density @20°C, kg/m<sup>3</sup></b>	987	1010	1064	988	1069	975
<b>Viscosity @20°C, mm<sup>2</sup>/s</b>	2.5	4.1	n.a.	n.a.	0.56	0.78
<b>Cetane number (calculated)</b>	144	144	56.8	43.8	10.3	13.8
<b>Vapor pressure @25°C, kPa</b>	n.a.	< 0.001	n.a.	n.a.	7.4	1.1

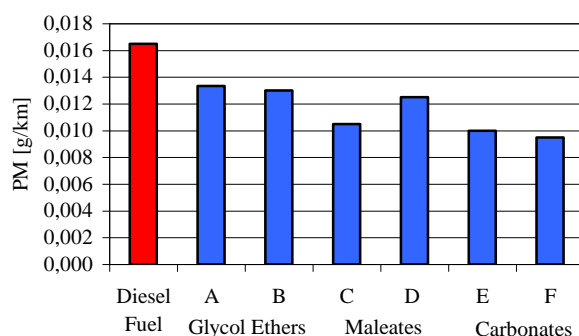
### Test results and discussion

The PM emissions in the UDC phase from the test vehicle fuelled with the neat diesel fuel and fuels containing synthetic oxygenates from such chemical groups as: glycol ethers, maleates and carbonates at a concentration of 5% are presented in Figure 4. As it can be noticed all oxygenates caused a significant reduction in PM emissions, though to a different extent. At the identical content in fuel, maleates and carbonates were definitely more effective. Next, among those two chemical groups, carbonates appeared to be slightly more effective. The reduction in the PM emissions ranged from 13% for the component A (glycol ether) to 35% for the component E (carbonate).



**Fig. 4.** PM emissions during the UDC for conventional diesel fuel and oxygenated fuels containing different oxygenates

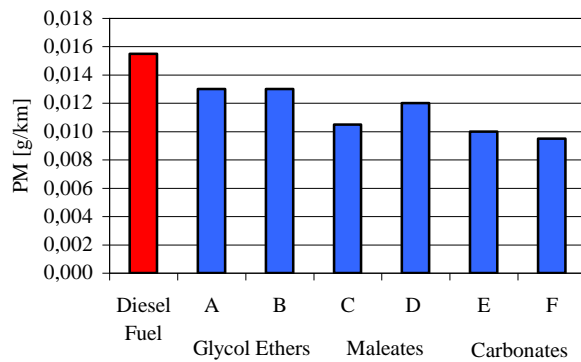
In the EUDC phase all oxygenates caused the PM emissions reduction (Fig. 5) that was higher than the one for the previous phase (UDC). Like in the UDC phase the highest reduction in the emissions was recorded for carbonates, and the smallest one for glycol ethers. Maleates showed the intermediate values of effectiveness. Reduction in the PM emissions for the EUDC phase ranged from 19% for the component A (glycol ether) to 42% for the component F (carbonate).



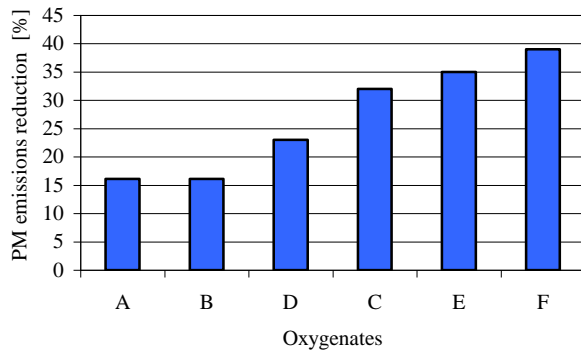
**Fig. 5.** PM emissions during the EUDC for conventional diesel fuel and oxygenated fuels containing different oxygenates

The PM emissions in the whole NEDC cycle for the neat diesel fuel and the fuel containing oxygenates are presented in Figure 6. In Figure 7 the effectiveness ranking of the PM emissions reduction for the tested oxygenates is shown. It should be noted that all tested oxygenates at their low concentration of 5% caused a significant reduction in the PM emissions. The PM emissions were decreased by approx. 16% for glycol ethers, 23-32% for maleates and 35-39% for carbonates.

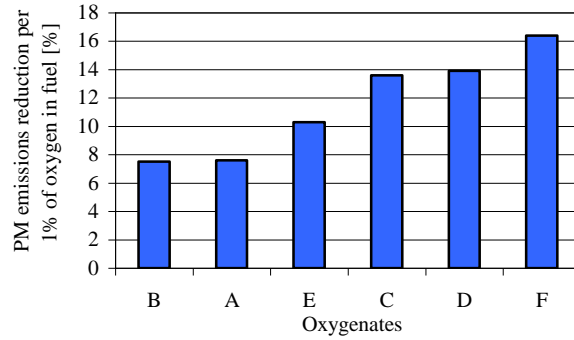
The tested oxygenates were characterized by a different oxygen content, and differences in the chemical structure and physical properties. It seems that there is an important question whether oxygen contented in the oxygenated compounds is in equal degree effective in the PM emissions reduction. The effectiveness ranking for the PM emissions reduction caused by the tested oxygenated compounds in the NEDC cycle with reference to 1% of the oxygen content in fuel is shown in Figure 8. It can be noticed that 1% of oxygen in fuel is the least effective if it is added to fuel in a form of glycol ethers (PM emissions reduction by about 8%). If 1% of oxygen is added to fuel in a form of maleates or carbonates the reduction in the PM emission exceeds 10% and it reaches even value of 16% (component F).



**Fig. 6.** PM emissions during the NEDC cycle for conventional diesel fuel and oxygenated fuels containing different oxygenates



**Fig. 7.** Reduction of PM emissions during the NEDC cycle classified by significance

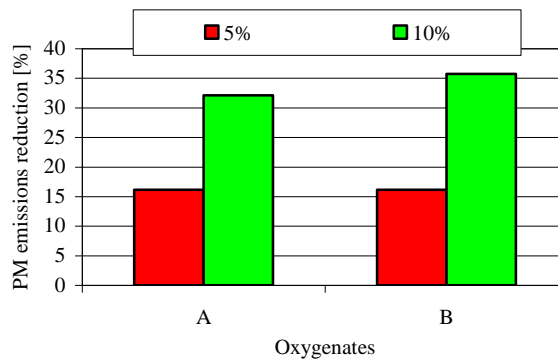


**Fig. 8.** Reduction of PM emissions per 1% of oxygen in fuel during the NEDC cycle classified by significance

While analyzing the properties of the tested oxygenated compounds it should be noticed that a higher reduction in the PM emissions is noted for oxygenates which are characterized by a lower autoignition quality. It can be explained that a fuel with a higher cetane number will be characterized by a shorter ignition delay, a shorter premixed burning period and reduced peak of the heat release in the premixing burning period. This leads to a smaller amount of fuel being consumed in the premixed burning and a larger quantity being involved in the mixing controlled burning. A longer mixing controlled burning means a longer soot formation period and in this way a higher PM emissions. Although there are significant differences in the values of boiling point for the individual oxygenated compounds, it is difficult to point the effect of this parameter on the PM emissions reduction level in an unambiguous way.

While analyzing a chemical structure of the oxygen compounds it should be noticed that in case of maleates and carbonates some atoms of oxygen are bind with the carbon atoms by double bonds. Moreover, in these compounds, the atoms of oxygen are concentrated in the central region of a molecule and some atoms of carbon are bind with 2 or 3 atoms of oxygen. Theoretically, such a structure is disadvantageous as it can lead to a direct formation of  $\text{CO}_2$  from the carbon atom and the atoms of oxygen bind with it and thereby to consumption of oxygen which could be used for inhibiting the soot formation. A detailed analysis of that effect was presented in the paper by Bucholz et. al. [6]. The formation of CO and next its oxidation in a cylinder by oxygen originating from the charge of air is more advantageous. It enables a better use of oxygen contained in fuel for inhibiting the soot formation. Such a course of reaction is more probable in case of the glycol ether structure, where oxygen atoms in the molecule are distributed in a more even way and there are no multiple bonds. However, the results obtained by authors show that despite more advantageous chemical structure of glycol ethers, the PM emissions reduction caused by them is smaller than the one obtained with the use of maleates and carbonates.

The next important issue is how the effectiveness of the PM emissions reduction depends on the oxygen (or oxygenated compound) content in fuel. In order to answer to this question, the PM emissions were tested with the use of fuels containing 5% and 10% of components A and B. The results of relevant measurements are presented in Figure 9. The obtained results show that in case of the examined oxygenated compounds, the PM emissions reduction is directly proportional to the oxygen content in fuel. For the oxygenate concentration of 5% as well as 10%, the effectiveness of 1% of oxygen in fuel oscillated around PM emissions reduction by 8%.



**Fig. 9.** Reduction of PM emissions during the NEDC cycle as a function of oxygenate content in fuel

The previous papers showed that the oxygen content in fuel is decisive for the PM emissions reduction regardless of which type of the oxygenated compound was used. The recent papers mostly say that there is no absolute relationship between the PM emissions reduction and global fuel oxygen content. Delfort et al. [2] say, for instance, that the fuel oxygen content becomes an important parameter in the same chemical family. The examinations performed by the authors confirmed Delfort's opinion in case of maleates. In case of carbonates, the component with a lower oxygen content was more effective. It can be supposed that a lower effect of carbonate with a higher oxygen content could be related to its low boiling point. The results of the performed research allow to state that the PM emissions reduction depends not only on the oxygen content in fuel but also on the other factors, among which a type of the oxygenate is very important.

#### Conclusions

- The synthetic oxygenated compounds used in the research at a concentration of 5% caused a significant reduction in the PM emissions in the NEDC cycle.
- Comparing the both phases of the NEDC cycle a higher reduction in the PM emissions occurred in the EUDC phase.
- At the identical content of oxygen compounds in fuel, the extent of PM emissions reduction was dependent on the type of oxygenated compound. The highest reduction in the emissions was obtained with use of carbonates and maleates. In case of glycol ethers the reduction was lower.
- The diversity of effectiveness for the different oxygenated compounds does not only result from the differences in the oxygen content but also from the different chemical structure and properties. It seems that a very good autoignition quality of glycol ethers negatively affects the effectiveness of the PM emissions reduction.
- For a given oxygenated compound the extent of the PM emissions reduction is directly proportional to its content in fuel. At concentration of 10% the effect of saturation was not noted.

#### References

1. Bertoli C., Del Giacomo N., Beatrice C.: Diesel Combustion Improvements by the Use of Oxygenated Synthetic Fuels. SAE Paper 972972
2. Delfort B. et al.: Oxygenated Compounds and Diesel Engine Pollutant Emissions Performances of New Generation of Products. SAE Paper 2002-01-2852.
3. Fisher E.M. et al.: Detailed chemical kinetic Modeling of Diesel Combustion with Oxygenated Fuel. SAE Paper 2001-01-0653.
4. Beatrice C., Bertoli C., Del Giacomo N., Migliaccio M.: Potentiality of Oxygenated Synthetic Fuel and Reformulated Fuel on Emissions from a Modern DI Diesel Engine. SAE Paper 1999-01-3595.
5. Bertola A., Boulouchos K.: Oxygenated Fuels for Particulate Emissions Reduction in Heavy-Duty DI-Diesel Engines with Common Rail Fuel Injection. SAE Paper 2000-01-2885

6. Buholtz B.A. et al.: Using Carbon-14 Isotope Tracing to Investigate Molecular Structure Effects of the Oxygenate Dibutyl Maleate on Soot Emissions from a DI Diesel Engine. SAE Paper 2004-01-1849.
7. Cheng A.S., Dibble R.W., Buchholz B.A.: The Effects of Oxygenates on Diesel Engine Particulate Matter. SAE Paper 2002-01-1705.
8. Cheng A.S., Dibble R.W.: Emissions from a Cummins B5.9 Diesel Engine Fueled with Oxygenate-in-Diesel Blends. SAE Paper 2001-01-2505.
9. Fisher E.M. et al.: Detailed chemical kinetic Modeling of Diesel Combustion with Oxygenated Fuel. SAE Paper 2001-01-0653
10. Gonzalez M.A. et al.: Oxygenates screening for Advanced Petroleum-Based Diesel Fuels: Part 2. The Effects of Oxygenate Blending Compounds on Exhaust Emissions. SAE Paper 2001-01-3632.
11. Hallgren B.E., Heywood J.B.: Effects of Oxygenated Fuels on DI Diesel Combustion and Emissions. SAE Paper 2001-01-0648
12. Hilden D.L., Eckstrom J.C., Wolf L.R.: The Emissions Performance of Oxygenated Diesel Fuels in a Prototype DI Diesel Engine. SAE Paper 2001-01-0650.
13. Kozak M., Merkisz J.: The Potential for Reducing Exhaust Emissions from Diesel Engines Using Oxygenated Fuel. International Conference: Tribology of Alternative Fuels and Ecolubricants. Austrian Tribology Society, 29-31 May 2006, Vienna, Austria.
14. Nabi N., Minami M., Ogawa H., Miyamoto N.: Ultra Low Emissions and High Performance Diesel Combustion with Highly Oxygenated Fuel. SAE Paper 2000-01-0231.
15. Spooner-Wyman J.K., Appleby D.B., Yost D.M.: Evaluation of Di-Butoxy Glycerol (DBG) for Use As a Diesel Fuel Blend Component. SAE Paper 2003-01-2281.
16. Stoner M., Litzinger T.: Effects of Structure and Boiling Point of Oxygenated Blending Compounds in Reducing Diesel Emissions. SAE Paper 1999-01-1475.
17. Yeh L.I. et al.: Oxygenates: An Evaluation of their Effects on Diesel Emissions. SAE Paper 2001-01-2019.

В статье приведены результаты исследований влияния окислителей дизельного топлива на содержание вредных частиц в отработавших газах легковых автомобилей в тесте NEDS (нормы Euro4). Исследовано шесть различных окислителей различных химических групп. Отмечено положительное влияние кислородосодержащих соединений на выброс твердых частиц. Их эффективное действие выявлено при концентрации 5% от объема применяемого топлива. Уменьшение выбросов твердых частиц зависело не только от концентрации кислорода в топливе, но в значительной степени от вида используемого окислителя. Наиболее эффективным в тесте NEDS оказалось действие карбонатов как окислителей топлива - уменьшение концентрации на 39%, затем малеаты (соли малеиновой кислоты) уменьшение концентрации на 32% и гликолевый эфир (на 16%).

*Ключевые слова: кислородосодержащие соединения, дизельное топливо, твердые частицы, двигатель с самовоспламенением, отработавшие газы.*

У статті наведені результати досліджень впливу окислювачів дизельного пального на вміст шкідливих частинок у відпрацьованих газах легкових автомобілів в тесті NEDS (норми Euro4). Досліджено шість різних окислювачів різних хімічних груп. Відмічено позитивне впливання кисневмісних сполук на викид твердих частинок. Їхню ефективну дію виявлено при концентрації 5% від обсягу застосовуваного палива. Зменшення викидів твердих частинок залежало не тільки від концентрації кисню в паливі, але значною мірою від виду використовуваних окислювачів. Найбільш ефективним у тесті NEDS виявилася дія карбонатів як окислювачів палива зменшення концентрації на 39%, потім малеат (солі малеїнової кислоти) зменшення концентрації на 32% і гліколевий ефір (на 16%).

*Ключові слова: кисневмісні сполуки, дизельне паливо, тверді частинки, двигун з самозайманням, відпрацьовані гази.*

Jerzy Merkisz – D.Sc., Ph.D., Mech. Eng. Head of the Institute of Internal Combustion Engines and Transport, Poznan University of Technology.  
Miłosław Kozak - Ph.D. Mech. Eng Institute of Internal Combustion Engines and Transport, Poznan University of Technology.

Reviewer - D.Sc., Ph.D., Mech. Eng. Wiesław Zwierzycki

*Стаття подана*  
20.06.2010

**Кошечкина Н.И.,**

Луганск

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗВУКОВОГО ПОЛЯ КОЛЕС ЛОКОМОТИВА**

Определены спектры звука в характерных точках звукового поля, излучаемого поверхностями колес различной конструкции, обусловленного контактным взаимодействием в процессе движения. Рис. 5, ил. 1.

*Ключевые слова:* колесо, звук, обод, спица, диск, спектр.

**Постановка проблемы.** Одним из важных технических показателей подвижного состава являются его виброакустические характеристики с позиции воздействия на окружающую среду, т.к. транспортные шумы стали одной из серьезных социальных и технических проблем из-за увеличения интенсивности движения и появления сети скоростных магистралей. Поэтому изучение транспортных шумов и развитие исследований в направлении их снижения стало важной научной и практической задачей.

Локомотив – сложный источник шума. Его основные составляющие – силовая установка с обслуживающими ее системами и процесс взаимодействия колеса с рельсом. Причем последний является определяющим при скоростях движения более 80 км/ч.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В настоящее время основными средствами снижения шума движения железнодорожного экипажа являются:

- специальные устройства рельсовой колеи, установка экранов, изоляция боковых поверхностей рельса;
- применения колес с подрезиненным колесным центром, использование специальных покрытий (абсорберов) в конструкции колесных центров.

Между тем по условиям безопасности эксплуатации нежелательно закрывать поверхности колес и рельсов. В тоже время эффективность звукозаглушения подрезиненных колес недостаточна, а установка экранов и специальное устройство рельсовой колеи – мероприятия существенно затратные.

**Цель статьи.** На тяговом подвижном составе применяются в основном два вида конструкции колес колесных пар: обандаженные с дисковым колесным центром и обандаженные со спицевым колесным центром. Поэтому в эксперименте, приближенном к реальным условиям эксплуатации, ставится задача исследовать явление шумообразования от контактного взаимодействия этих колес в процессе качения и по результатам экспериментальных данных определить с выбором их применения в конструкции экипажа с целью снижения шума движения.

В этом данном случае из 2-х факторов шума контактного взаимодействия колеса и рельса, генерирования и излучения рассматривается второй.

**Материалы и результаты исследований.** Известно, что на железнодорожном тяговом подвижном составе применяются два вида конструкции колес: спицевые Ø 1220 мм и 1250 мм и с дисковым колесным центром Ø 1050 мм, а также с подрезиненным колесным центром.

С целью определения конструкции колеса с меньшей интенсивностью звукоизлучения были выполнены измерения уровней звука в характерных точках звукового поля, излучаемого спицевым и дисковым колесами. Эксперимент осуществлялся на стендовой установке, схема которой показана на рис. 1 [1].

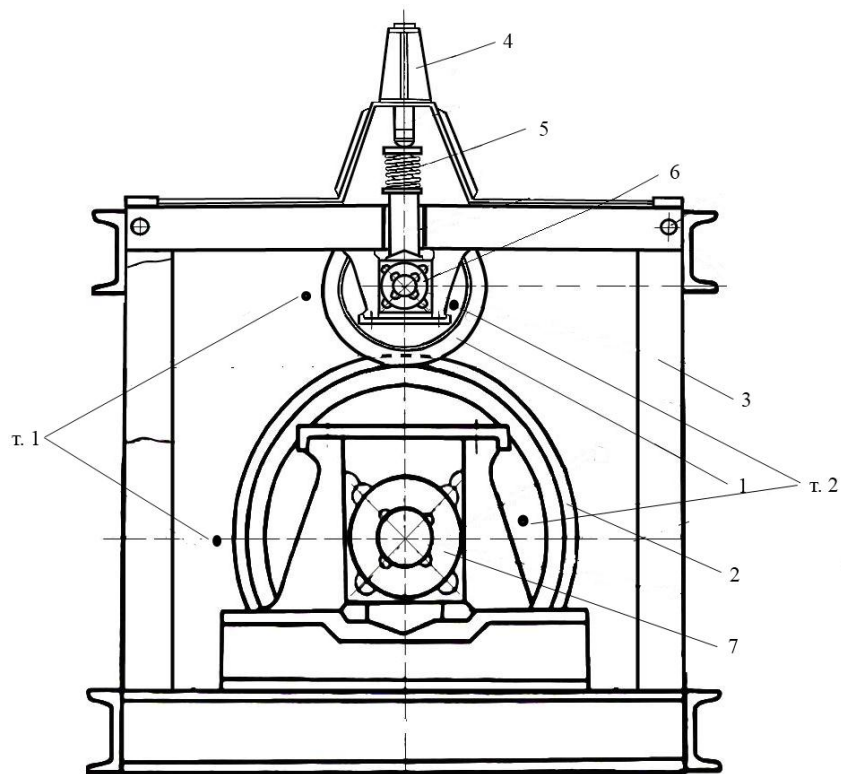


Рис. 1. Стендовая установка:

1 – обандаженное колесо  $\text{Ø}$  1050 мм с дисковым колесным центром, 2 – обандаженное колесо со спицевым колесным центром  $\text{Ø}$  1250 мм, 3 – жесткая сварная рама, 4 – гидроцилиндр, 5 – комплект пружин, 6, 7 – буксы

Стендовая установка обеспечивает реализацию скоростей 20...75 км/ч при осевой нагрузке на колесо 100 кН. Осевая нагрузка создавалась гидроцилиндром 4 через пружины 5.

Характерные точки размещения микрофона такие. Точка 1 – на расстоянии 150 мм со стороны поверхности круга катания. Точка 2 – на расстоянии 150 мм от боковой стороны колесного центра на радиусе  $R=300$  мм для дискового колесного центра и на  $R=435$  мм для спицевого колесного центра.

Измерения уровня давления осуществлялось шумомером «ОКТАВА-101А» с погрешностью  $\pm 0,7$  дБ, класс точности – 1. В измерительную цепь шумомера включен предусилитель микрофонный КММ-400 с микрофонным капсюлем ВМК-205. Перед измерениями была проведена калибровка шумомера калибратором CAL 200 (Larson Davis).

В схему стендовой установки входило вспомогательное оборудование, образующее фоновый шум. Поэтому перед каждым измерением в точках 1 и 2 измерялся и спектр фонового шума (без вращения колес).

Измерения выполнялись в диапазоне 100...10000 Гц в 1/3-октавных полосах частот.

Некоторые результат испытаний приведены на рис. 2-5.



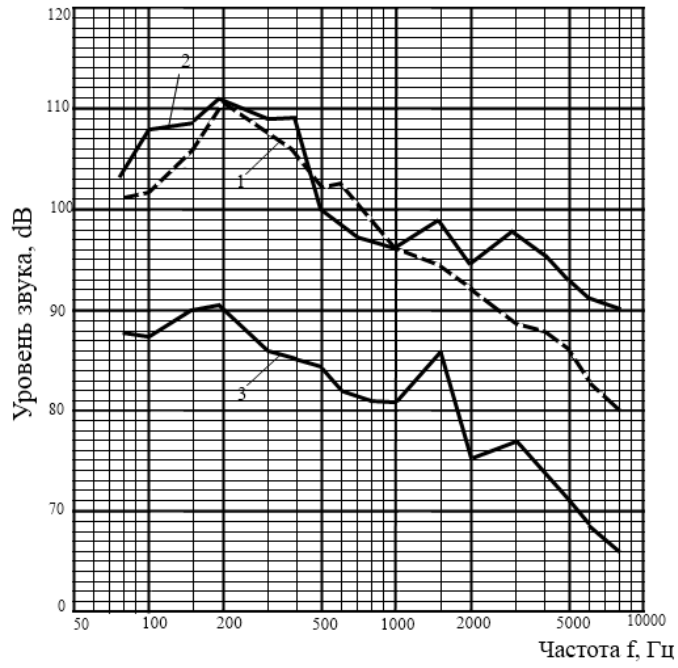


Рис. 2. Спектр уровней звука у боковой стороны колес при  $v=35$  км/ч:  
1 – спицевое колесо  $\varnothing$  1250 мм, 2 – колесо  $\varnothing$  1050 мм с дисковым колесным центром, 3 – фон

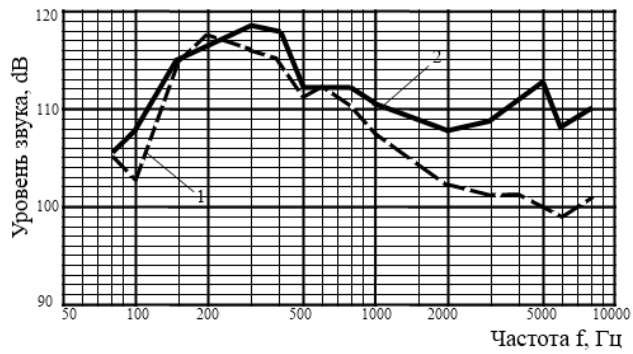


Рис. 3. Спектры уровней звука у боковой стороны колес при  $v=70$  км/ч:  
1 – спицевое колесо  $\varnothing$  1250 мм, 2 – колесо  $\varnothing$  1050 мм с дисковым колесным центром

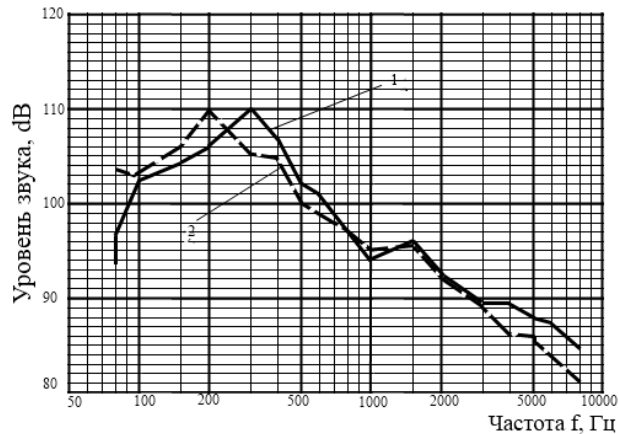


Рис. 4. Спектры уровней звука у обода колес при  $v=40$  км/ч:  
1 – спицевое колесо  $\varnothing$  1250 мм, 2 – колесо  $\varnothing$  1050 мм с дисковым колесным центром

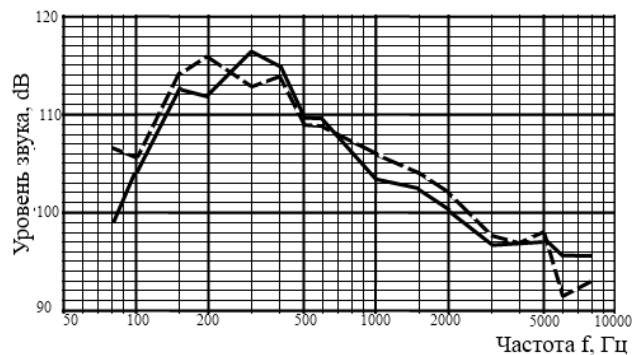


Рис. 5. Спектры уровней звука у обода колес при  $v=70$  км/ч:  
1 – спицевое колесо  $\varnothing$  1250 мм, 2 – колесо  $\varnothing$  1050 мм с дисковым колесным центром

Их анализ показывает, что фоновый шум практически не оказывает влияния на результаты измерений при реализации движения выше 35 км/ч, т.к. разность уровней звуковых давлений фонового шума и в точках 1 и 2 составляет  $\sim 10$  дБ.

Достаточная достоверность измерений частотных данных имеет место в диапазоне от 100 Гц и выше.

Спектры уровней звука в точках 1 (у обода) для обоих колес (рис. 4 и 5) в диапазоне частот 400..8000 Гц практически равны; в диапазоне 200...315 Гц разность обусловлена различной оборотной частотой колес т.к. их  $\varnothing$  1050 и 1250 мм.

Спектры уровней звука в точках 2 (на боковой стороне) рис. 2 и 3 свидетельствуют, что интенсивность звукоизлучения спицевого колеса, за исключением зоны 500...1000 Гц при  $v=35$  км/ч, ниже, чем у дискового.

**Вывод.** В результате выполненных исследований установлено, что в целом спицевое колесо по сравнению с дисковым имеет меньшую интенсивность звукоизлучения.

### Литература

1. Пат. № 50466 України, МПК (2009) G 01 M13/04, 17/00 Стенд для дослідження процесів при взаємодії колеса з рейкою / Кошечкіна Н.І., Носко Г. С. (Україна) СНУ імені В.Даля - № у 2009 12982; Заяв. 14.12 2009; опубл. 10.06.2010. Бюл. № 11 – 3 с.

Визначено спектри звуку в характерних точках звукового поля, що випромінюються поверхнями коліс різної конструкції, обумовленого контактною взаємодією в процесі руху. Рис. 5, дж. 1.

*Ключові слова: колесо, звук, обід, спиця, диск, спектр.*

Sound spectra in characteristic points of the sound field radiated by surfaces of wheels of a various design, caused by contact interaction in the course of movement are defined. Fig. 5, Sour. 1.

*Keywords: wheel, sound, rim, spoke, disk, spectrum.*

Кошечкина Н.И. – аспирант кафедры «Железнодорожный транспорт»

Рецензент: Нечаев Г.И. – профессор, доктор технических наук, зав. кафедрой «Транспортные технологии»

*Стаття подана  
13.10..2010*

**POSSIBILITIES OF THE ECOLOGICAL CHARACTERISTICS IMPROVEMENT  
FOR NON ROAD SURFACE TRANSPORT VEHICLES WITH COMBUSTION  
ENGINES BY THE APPLICATION OF EOB D DIAGNOSTICS REQUIREMENTS**

The paper presents a method of combustion process assessment for a compression-ignition engine, based on results of parameterizations of a time-frequency  $a(t, f)$  map of an engine vibration signal as an answer for the needs of the toxic emission decrease required by present and future European emission regulations and of the on-line combustion engine vehicles diagnostics in the whole of their exploitation period. The Joint Time-Frequency Analysis (JTFA) methods have been proposed as a tool for a time-frequency selection of a vibration signal. An algorithm of the method has been outlined and an example application of a synchronous averaged Short Time Fourier Transform (STFT) for extracting vibration signal components related to combustion process has been shown. Parameterization of  $a(t, f)$  map gives measures covariable with misfire in a cylinder of an internal combustion engine. The method and analyses of the chosen characteristics and parameters were used in on-line diagnostics of the combustion process and its lack, what gave the necessary bases for application of the method in the EOB D (*European OBD*) system. It might be helpful to use and improve the strategy of the combustion process control in the engine at on-line conditions and to assure the reliability of the diagnostic decisions being put in the EOB D strategy control. Its application will also result in the control of engine processes in the point of view of the environment protection from engine exhaust gases emission.

*Compression-ignition, vibration signal, toxic emission, OBD system, combustion process, vibration velocity and acceleration, signal selection.*

### **Introduction**

A growing impact of the combustion engines on the environment substantially influenced the design process and the operation of the engine itself. In the whole life cycle of an internal combustion engine all its functional characteristics are modified, leading to a gradual deterioration of the operational characteristics. A continuous process of engine deterioration, being intensified by improper operation, directly leads to a deterioration of the performance quality, imprecision in mixture formation, distortion in the combustion process, drop in engine durability and, consequently, to its ultimate failure. Each of the above factors has the impact on the engine exhaust emissions, which is vital for the environment protection and human health. That is one of the main reasons why the diagnostics of a unit in its whole period of operation becomes increasingly important.

A little vehicles harmfulness for the environment, expressed by the little toxic compounds emission, noise emission and the little fuel consumption (the little CO<sub>2</sub> emission) are the requirements which are put forward first during the design process of the contemporary internal combustion engines. The consequence of the concern with the environment is applying by the industrial developed countries more and more stringent emission regulations for vehicles. These actions extract technical progress in the forward of getting less and less emission levels for each toxic compound of combustion gases. In the aftermath of that, requirements concerning of the on-board diagnostic of engines were applied, at first in SI (*spark-ignition*) engines, then in CI (*compression-ignition*) engines of passenger cars and in light-duty vehicles. OBD systems give the vehicle owner or a repair technician access to state of health information for various vehicle sub-systems. The amount of diagnostic information available via OBD has varied widely since the introduction in the early 1980's of on-board ve-

hicle computers, which made OBD possible. Early instances of OBD would simply illuminate a MIL (*Malfunction Indicator Light*), if a problem was detected but would not provide any information as to the nature of the problem. Modern OBD implementations use a standardized fast digital communications port to provide real-time data in addition to a standardized series of DTC codes (*Diagnostic Trouble Codes*), which allow one to rapidly identify and remedy malfunctions within the vehicle. The high level of requirements regarding internal combustion engines and obtained benefits caused, that OBD norms and these systems have been using in wider and wider group of vehicles applications. On the basis of trends of emission norms (in the USA and in Europe), the tendency to bring OBD requirements and systems into non-road vehicles applications is being observed at present. Engine diagnostics with the use of the accompanying processes can be the way to obtain the reliable control of all important engine characteristics for the purpose of the OBD requirements application in these groups of vehicles. The parameters resultant from such a diagnosis provide general information on the engine condition. It gives a more detailed information on the diagnosed component and process, mainly the run of combustion or misfire.

### **Engine measurements in stationary conditions**

The research of the misfire detection in combustion engines through vibration methods has been performed based on the active experiment, meaning a deliberate modification of input parameters and observation of their impact on output parameters. Research was performed at the engine test stand on a single cylinder research engine based on the design of SW 680. SB 3.1 is a 4 stroke compression-ignition direct injection engine with a maximum power output of 23 kW ( $n = 2200$  rpm) and a maximum torque of 109 N·m ( $n = 1600$  rpm).

The operating conditions reflected the engine operation within the load characteristics. The above characteristics were realized for 4 different engine revolutions: 1000, 1200, 1500 and 1700 rpm. The following torque values were taken into consideration: 22.5, 45, 67.5 and 90 N·m. The additional working point reflected the idle run was taken into account. During the experiment, the constant coolant temperature was maintained at 75 °C by a peripheral temperature stabilizer unit. In order to produce a misfire, the engine was subjected to a pulse fuel cut-off by a mechanical by-pass valve, fitted in the high pressure fuel conduit, between the injection pump and the injector. The test measuring points were located on the engine head. The points were selected according to the principle that the sensor should be placed closest to the point where the tested process-related vibration signal is generated [9, 10].

Measurements signals obtained from transducers were delivering to amplifiers, in which were amplified and normalized. They were delivering to analog inputs of the data acquisition card then. Measurements signals were filtered inside the card with the help of analog and digital filters, after which were processed from the analog to digital form. Signals obtained in the data acquisition card, in the digital form, were recorded in a computer memory.

The qualitative assessment of the influence of misfires on the time history of the vibration acceleration, velocity and cylinder pressure was realized for the specified engine conditions. Based on the time history, for the whole engine work field, qualitative changes in the vibration acceleration were identified as a result of a misfire (figure 1).

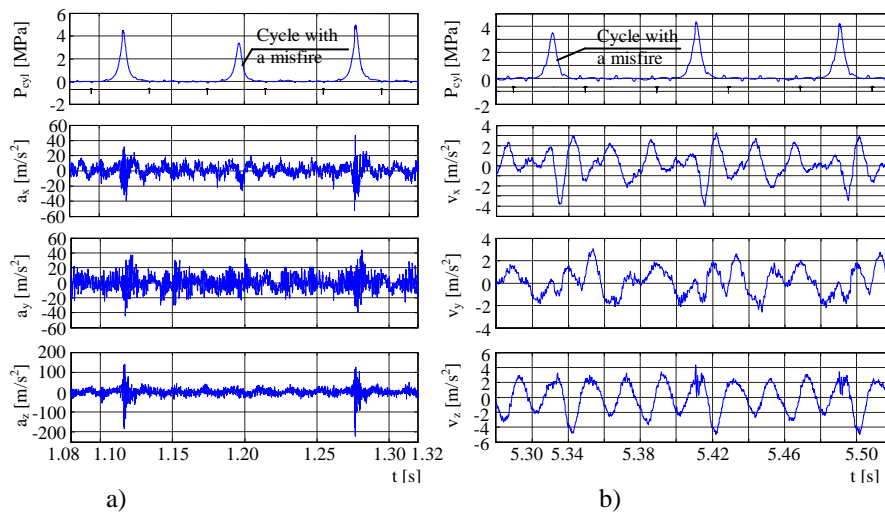


Fig. 1. The time history of the signals at 1500 rpm and a torque 0 N·m: a) the cylinder pressure ( $P_{\text{cyl}}$ ) and vibration accelerations in X, Y and Z directions ( $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$ ), b) the cylinder pressure and vibration velocities in X, Y and Z directions ( $v_x$ ,  $v_y$ ,  $v_z$ )

Ignition and a further development of the combustion process results in an abrupt surge of the amplitude of the vibration acceleration in each of the recording directions of the measuring signals. The values of the amplitudes of the vibration acceleration signals in the cycles are tightly connected to the change in the peak value of the cylinder pressure in these cycles. In the case of a misfire, the surge of the amplitude of the vibration signals does not occur. Direction Z was giving the highest values of amplitudes at relatively low amplitudes in between the work cycles. The vibration velocity signal turned out useless for a diagnosis.

Recorded all time history runs of the measurement signals were taken to time selection process. All recorded signal was divided into signal sequences including single working cycles of the internal combustion engine. Divided measurement signals allowed to consider the influence of the single combustion process on the chosen vibration signal parameters and, in consequence, calculate differences of these parameters for the proper combustion process and cycles, in which occurred misfire events. The quantitative analysis of the vibration signal has been performed through dimensional point measures: mean, effective, peak, peak-to-peak values and non-dimensional estimators: shape ratio, peak factor, impulse factor. Dimensional point measures occurred to be the best parameters for misfire diagnosis, especially peak and peak-to-peak values. Non-dimensional vibration estimators were unreliable because of too low dynamics and a different behaviour for each of the working points.

The assessment of the measuring signals in the frequency domain enabled to determine the component frequencies included in the time history of the functions. The frequency analysis aimed at the determining of the amplitude values of the vibration signals in the frequency function. Within the frequency analysis, amplitude spectrums of the vibration accelerations were developed for each direction of the signal recording and various working points of the engine. The developing of the amplitude spectrums aimed to determine the frequency range related to the combustion process. The obtaining of the amplitude spectrums for the effective value of the vibration acceleration signal has confirmed significant differences of the history of the spectrums for the regular and misfire combustions (figure 2). The differences occurred in the frequency range 600–1200 and 3000–6000 Hz.

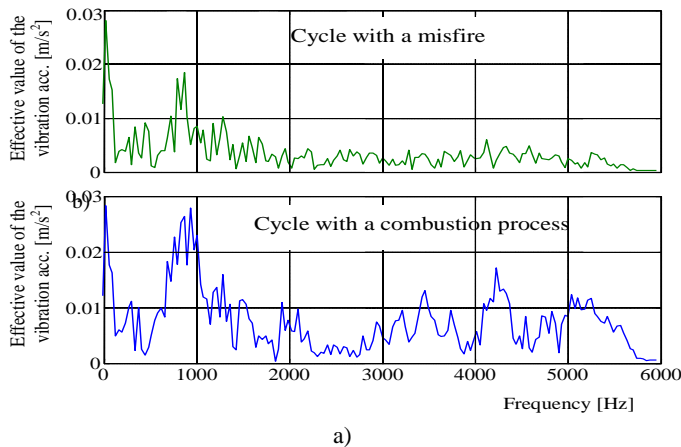


Fig. 2. The spectrum of the vibration acceleration amplitude in a Z dimension for the cycle with a misfire (a) and with a combustion process (b),  $M_o = 0$  Nm and  $n = 1500$  rpm

The occurrence of a misfire during engine operation in conditions  $n = 1500$  rpm and  $M_o = 0$  N·m resulted in a decrease in the effective value of the vibration acceleration signal, as opposed to the signals of the regular work cycle, by more than 35% for the frequency range from 600 to 1200 Hz and by 72% for 4000–5000 Hz.

The basic researches taking place at the engine test stand are described wider by the authors in [9, 10], in which the all measurement and methodological stages have been presented.

### Non-road vehicle research in exploitation conditions

Research in potential exploitation applications were conducted on a 12-cylinder, compression-ignition (CI) and direct injection 2112 SSF engine of the diesel locomotive, a type SU45 [14].

The following elements of a measuring set were used in the tests: vibration transducers for the Z direction (Brüel & Kjær, type 4391), vibration signals calibration unit (Brüel & Kjær 4294), crank angle encoder (Wobit MOK), charge amplifier (NEXUS, type 2692), data acquisition card (National Instruments, type PCI-4472), water resistor with the control system, coolant and lubricant temperature transducers.

The measurements were divided into two parts. In the first of them all cylinders of the one row were taken into consideration to check if it is possible to use vibration characteristics in the assessment of the combustion process run for an engine being used in traction vehicles. This stage was also used to see the differences in sensibility of the vibration signal in each working cylinder. The second research stage was used to determine the differences between signals with combustion and misfire for different working points (power changes) for 3 cylinders taken from the prior stage. In the first stage the following velocities were taken into consideration: 700, 900, 1080, 1300 and 1500 rpm. The following effective power was being obtained: ~ 0 (idling run), 252, 460, 580, 667 kW. In the second research stage all velocities and torques defined with the locomotive regulating unit position were taken as the working points. The test measuring points were located in the engine head. The torque and power was being measured and controlled with the help of the water resistor stand.

Both stages of the measurements at the diesel locomotive pointed that the vibration signal can be used to the on-line assessment of the misfire events which occur during normal working of an internal combustion engine. The ignition causes the impulse changes of the vibration signal amplitudes and the combustion process has its representation in a vibration signal. The signal is distinct in each working cycle independently from the cylinder number,

what confirms the reliability of the method in relation to detection procedures being done for multi-cylinder compression-ignition engines (figure 3).

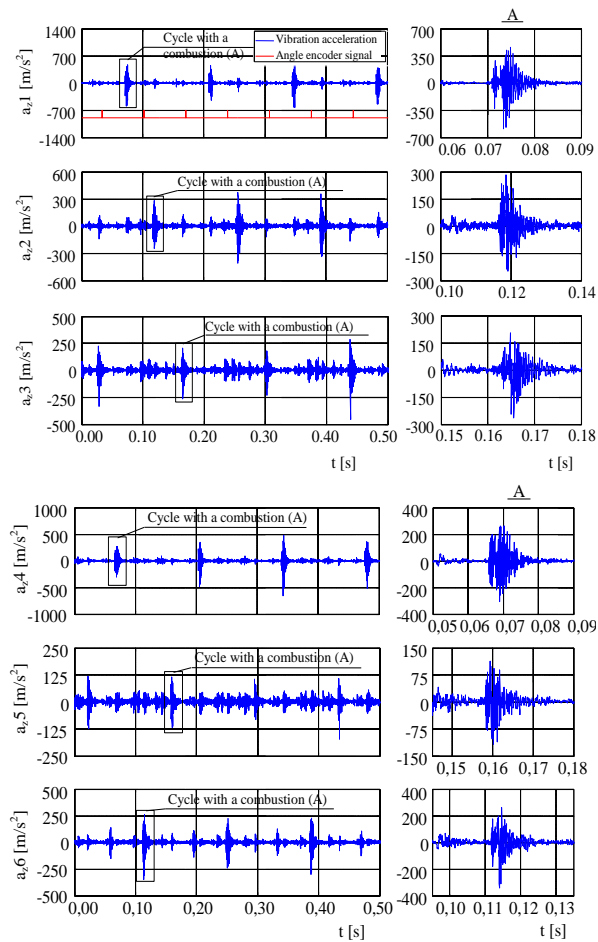


Fig. 3. Vibration acceleration runs in the Z dimension of the cylinder heads 1–6 of the 2112 SSF diesel locomotive engine ( $n = 900$  rpm and  $M_o = 2674$  N·m)

Changes of the engine effective power were causing the changes dynamics of point estimators of the vibration signal. It points that vibration signal parameters follow with the power changes. The increase of the effective power was causing that the peak and peak-to-peak values in each cylinder were increasing. The point estimator in the each engine working point was being related to the point value obtained at idling conditions (figure 4).



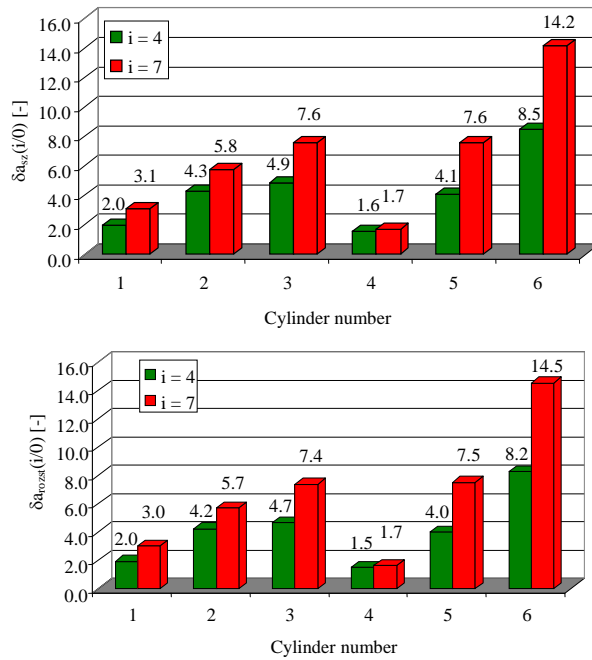
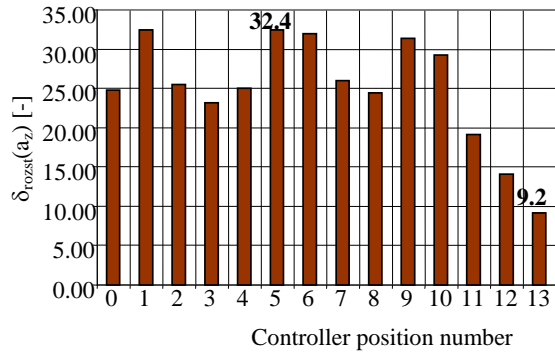
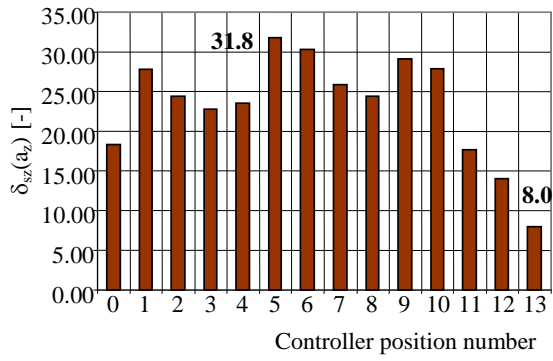
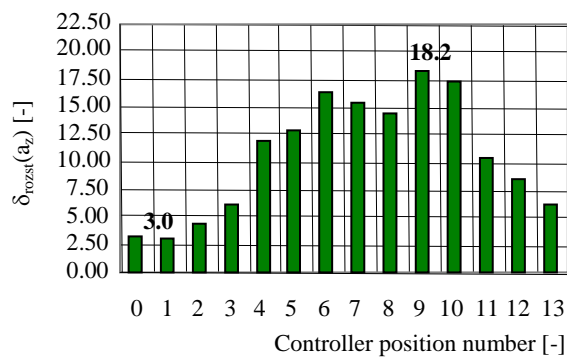
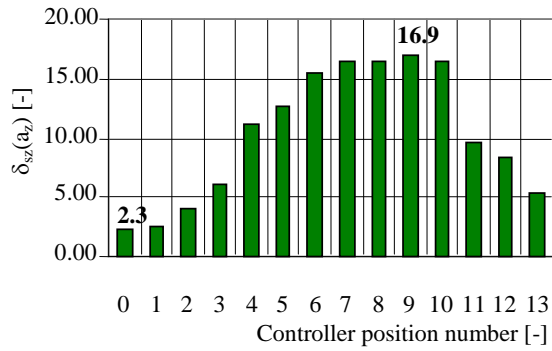


Fig. 4. The relative increase of the peak (a) and peak-to-peak (b) values of the vibration acceleration in the Z direction as a result of the power increase from the idle run to 4th ( $i = 4$ ) and 7th ( $i = 7$ ) controller position for 2112 SSF engine

The fourth cylinder had the lowest and the sixth cylinder the highest relative change of the point measures in the case when the effective power had changed. These two cylinder numbers represents the worst and best conditions for misfire detection strategy. When a misfire event occurred, it caused that the vibration signal amplitude decreased irrespective of the cylinder number and working conditions. In the case of the fourth cylinder, misfire event occurrence made the peak value decrease from 8 to 31 times, 2,3–16,8 times for a cylinder 5 and 2,8–21,5 times for a cylinder 6, regarding to the value for combustion process. In the case of the peak-to-peak value relative decrease of this measure was from 9 to 32 for 4th cylinder, 3–18 for the 5th cylinder and 3,5–22,8 (figure 5).



b)



c)

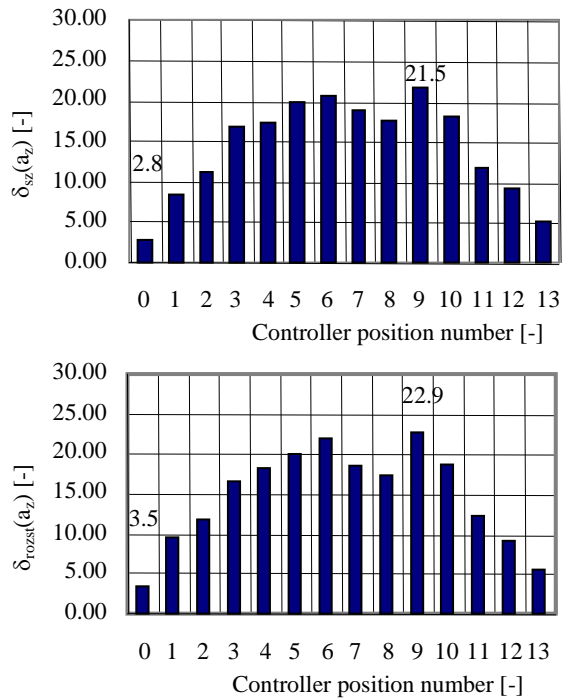


Fig. 5. Relative decrease of the peak value ( $\delta_{sz}$ ) and peak-to-peak value ( $\delta_{rozst}$ ) of the vibration acceleration of a diesel locomotive engine for the fourth (a), fifth (b) and sixth (c) cylinder

### Joint Time-Frequency Analysis

Analyzing of vibrations that are being generated by the engine, in the range of a single engine working cycle, one can state that it is a process being changeable in time, both in the amplitude and frequency domains, as a result of following engine work phases. Application of joined selections, like e.g. space-spectral [2] or time-spectral [1] selections is purposeful in the engine diagnostics. The potential wide chances for development and use are seen nowadays for methods that have been being developed at present which base on time-spectral domains analysis, among which the most popular are: Short Time Fourier Transform (STFT),

Wavelet Transform (WT) and Wigner Ville Distribution (WVD) – [12].

STFT transform consists on the FFT analysis of short sequences of a signal which can be treated as a quasi-stationary signal. The input signal extraction of the following data segments to FFT analysis is realized with the use of the moving window technique [5]. The time-spectral map of the process being analyzed is obtained when the received spectra are put together.

A result of STFT analysis can be treated like a series of spectra determined for local, short time segments. The method advantages are: a short time of a time-frequency map determination, an easy and intuitive results interpretation and a constant resolution for all frequencies. The result form depends on the taken time window function and signal processing parameters: a number of samples in the data segments and the time step of the analysis. Limitation of the method is, that it is impossible to obtain a high resolution for a time and frequency domains in the same time. The resolution in the time domain can be improved by using an overlapping, which consists on partial interference of the analyzed signal segments to each other. An estimation error of the amplitude and frequency for local maximum values on a map is minimized by an amplitude-frequency correction – AFC [3, 4].

The mother functions can be each functions in the Wavelet transform [11]. The Morlet's function as a mother function is being used in many cases because of the calculation process simplification. Its application allows for using the FFT procedure in the processing,

which accelerates calculation process effectively. The result form depends mostly on taken mother functions. This type of an analysis can be equated to a filtration with a constant relative bandwidth  $\Delta f/f_s$ . The filter position on the time-frequency map is given by scale and translation parameters ( $a$  – dilation,  $b$  – translation). The analysis bandwidth increases along with a translation to higher frequencies (a resolution of an analysis in the frequency domain decreases). Then, the resolution in the time domain increases, and inversely. That feature is useful in the case of a simultaneous analysis and observation with a different time step for a rapid changeable and high-frequency processes (e.g. a valves opening and closing, a combustion process) and slow-speed low-frequency processes. The drawbacks of the method are: the form of a result depends on a taken mother function and the interpretation of a graphical form of a result is not always intuitive.

Wigner-Ville distribution (WVD) is realized by two-dimensional time-frequency window. This kind of an analysis allows to take any size of an analysis window theoretically. When an analysis window size is defined arbitrarily, it may give minus distribution values, arising interferences in the time and frequency domains, what makes the interpretation process more difficult. The WVD distribution characterizes a long time of calculations, especially for long time series, comparing to the prior methods.

The combinations of different methods of a signal selection (e.g. time and amplitude selection), apart from basic methods of a vibration analysis, were used during the research. The dynamics of diagnostic symptoms describing misfire events was increased.

The task of time-spectral selection procedures is to get out and/or display pieces of information connected with the combustion process in an engine cylinder from the vibration process. In order to decrease estimation errors of amplitude and frequency components for a map  $a(t, f)$ , the amplitude-frequency correction procedures can be used as an option. The further signal parameterization (creation of estimators and characteristics) should lead up to obtain symptoms that detect misfire events in an engine cylinder.

The application of a time-spectral map parameterization is necessary to obtain complete representation of an ignition lack in a cylinder on the basis of point measures of a vibration signal. Time-spectral maps were received in the result of research conducted at the SB3.1 engine (figure 6). The peak value of the vibration accelerations in the frequency band of 2000–4000 Hz, which was calculated on the basis of a time-spectral map, was taken as a parameter describing lack or presence of ignition in a cylinder of the SB3.1 engine. The high dynamics of parameter changes, reaching 20 dB, was noticed.

The second measurement stage was conducted on a 2112 SSF diesel locomotive engine. The time-spectral maps were obtained, both for a lack of combustion in a cylinder and when combustion took place (figure 7). In this case, a peak value of vibration accelerations in the range of frequency of 3000–5000 Hz, determined on the basis of time-spectral map, was the parameter that described lack of an ignition in the cylinder or a combustion process for a diesel locomotive engine. Changes of a parameter were described with the dynamics that reached 34 dB.

a)

b)

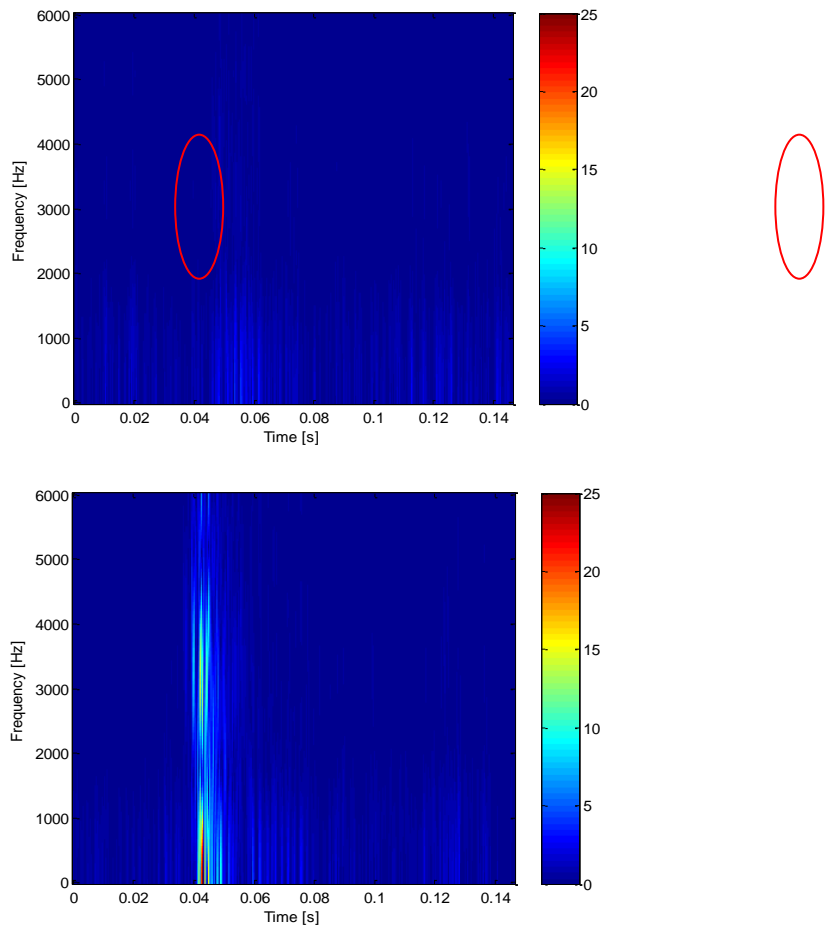


Fig. 6. The example time-frequency map of a vibration acceleration in the Z dimension ( $a_z$ ) of cylinder heads at the SB 3.1 engine ( $n = 700$  rpm and  $M_o = 0$  N·m) for: a) lack of a combustion process, b) combustion process

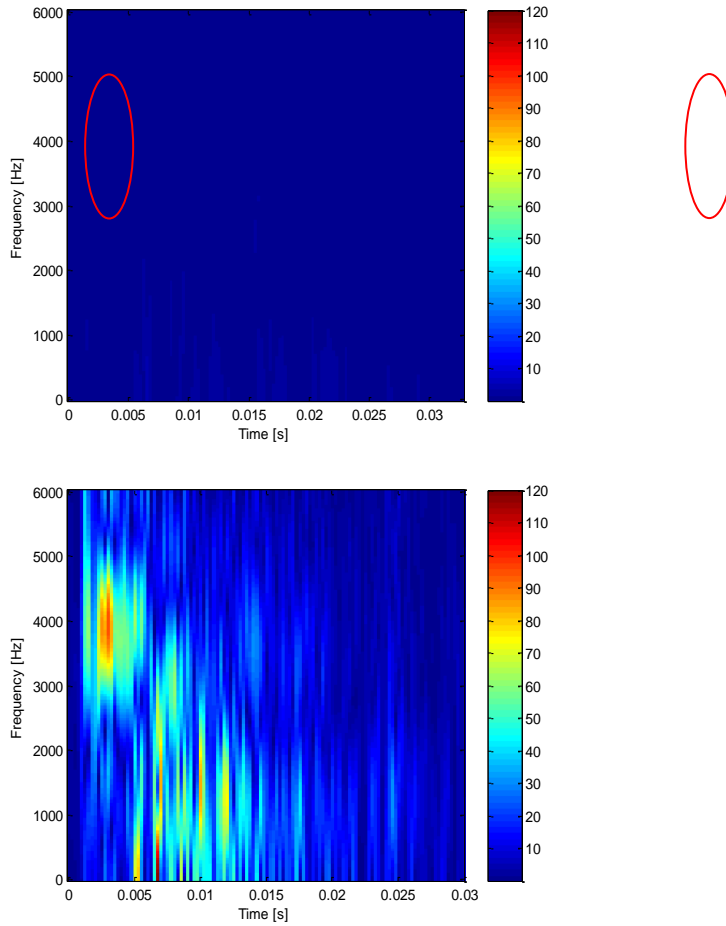


Fig. 7. The example vibration acceleration runs in the Z dimension ( $a_z$ ) of cylinder heads at the 2112 SSF diesel locomotive engine ( $n = 700$  rpm and  $M_o = 0$  N·m) for: a) lack of a combustion process, b) combustion process

### Misfire detection algorithms

Algorithms of misfire detection in an engine are based on signals analyses in the time, process value, frequency and joint time-frequency domains. They concern the assessment of point measures and JTFA parameters. The time selection of a vibration accelerations was used to divide a time run into sections describing working cycles and in the next steps also combustion processes and their lack (figure 8).

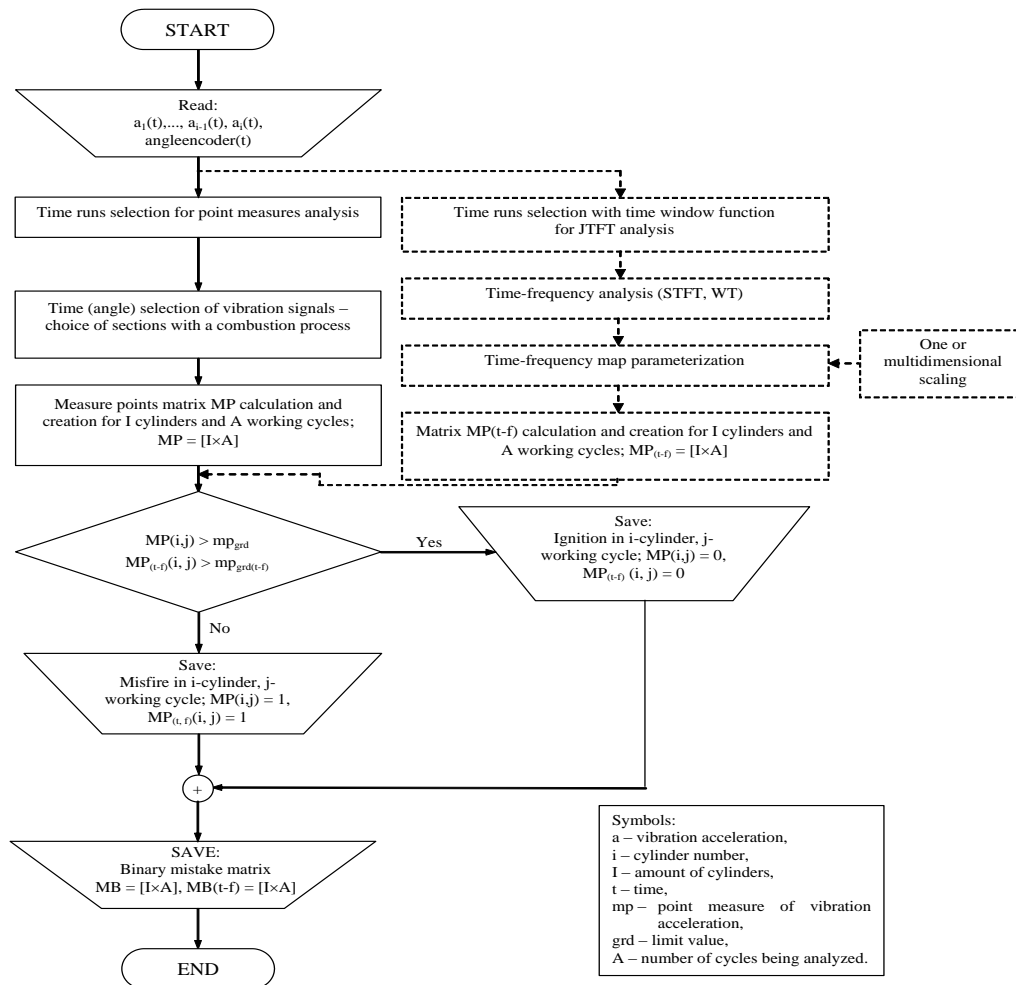


Fig. 8. Algorithm of an engine combustion process assessment on the basis of a vibration acceleration estimation

Algorithm of the engine misfire detection that was built, was assessed to create specific algorithms which would give information about the way of flow and vibration acceleration analyses. The created algorithm can be, according to a way of a signal time selection realization:

- parallel algorithm,
- algorithm that uses window functions in the time selection process,
- sequential algorithm.

The parallel analysis of signals obtained from each cylinder takes place in the first of the algorithm. The same mathematical procedures are in each cylinder for the specified number of engine working cycles. Detection of a combustion process or its lack with information of the cylinder number and the amount of misfires that appeared in the specified period of time is the result of the algorithm run (figure 9). In order to shorten the time that is necessary for the algorithm to analyze signals, the algorithm that uses window functions to time selection process and to estimate specific parameters should be used. In this case division of a signal time runs on working cycles and then for section for combustions and combustion lacks is done by multiplying time chains with a window function. Sequential flows of measurement signals and analyses may be used in order to decrease the calculation power of the algorithm. In this case, a multiplexer can be taken into consideration.

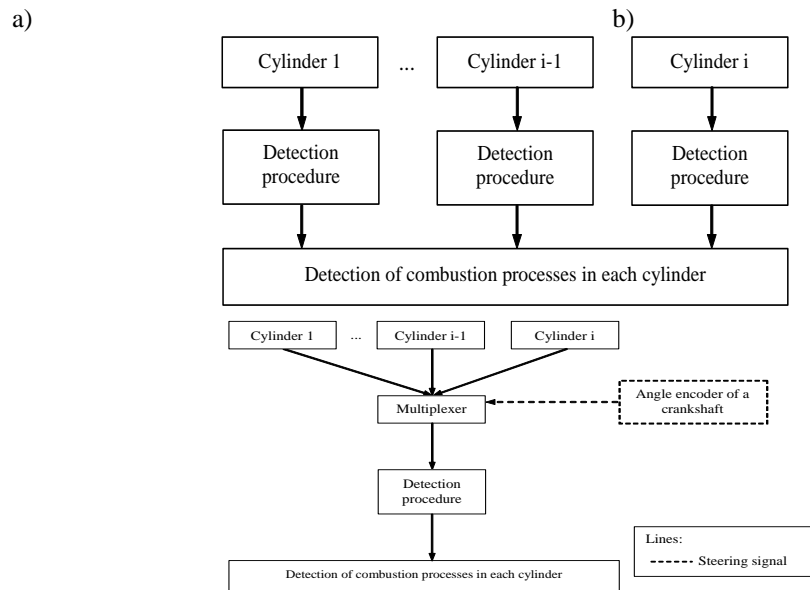


Fig. 9. The scheme of a parallel (a) and sequential (b) misfire detection algorithm for the internal combustion engine basing on a vibration acceleration parameters assessment

### Conclusions

The method allows to assess lack of an ignition, both for a single cylinder research engine and multi-cylinder engine of a diesel locomotive. The monitoring of the combustion process based on vibration signal parameters allows an unambiguous misfires detection, which is an advantage of those methods over the currently used ones [6–9, 10, 13]. It allows to detect each particular combustion (or its lack) in each engine cylinder and for different operating engine conditions, assuring that its application in locomotives engines and engines of other vehicles will not cost too much (its wide application will reduce further costs). The research conducted at the exploitation conditions for a diesel locomotive engine confirmed a high precision and quality of the misfire detection with the help of the vibration acceleration. The obtained results proved high precision of a diagnostic process for the each engine cylinder. The method is characterized by the high dynamics of parameter changes, which reflects appearing or a lack of an ignition in an engine cylinder (20 dB for the SB3.1 engine, 34 dB for the 2112 SSF engine) and the relative error of a method did not exceed 10% for the examined engines.

Such a diagnosis gives precise pieces of information on correctness of the process and its lack, what makes diagnostics more reliable. Deterioration of the engine exploitation characteristics and subassemblies malfunctions influence on the emissions increase above their limits. The proper diagnosis assures to find malfunctions and their sources during normal vehicles exploitation and eliminate them. In the result, railway traction vehicles equipped with combustion engines can be covered by on-line diagnosis, what will influence on improvement of their ecological characteristics. The described method concerns the combustion process diagnosis, so it might be helpful for the on-line control of that process for a better EOBD strategy.



## References

1. Barczewski R., Szymański G. M.: Zastosowanie metod selekcji sygnału drganiowego w diagnostyce silników spalinowych, *Pojazdy Szynowe* 3–4/2004 (2004).
2. Barczewski R., Tabaszewski M.: *Analiza przestrzenno-widmowa w diagnostyce złożonych obiektów mechanicznych*, XXVI Ogólnopolskie Sympozjum „Diagnostyka Maszyn” Węgierska Górka 15–20.03.1999, Zeszyt 1/99 (1999).
3. Barczewski R.: *AFC – the method of amplitude spectrum correction*, Congress of Technical Diagnostics, Gdańsk (1996).
4. Barczewski R.: *Analiza nieliniowości z zastosowaniem STSF-AFC jako metoda diagnozowania*, II International Congress of Technical Diagnostics Warsaw, Poland 19–22 September 2000. Abstract pp 29-30 (2000).
5. Barczewski R.: Application of the Short Time Fourier Transform (STFT) with Amplitude and Frequency Correction (AFC) to non-linear system free vibration signal analysis, Report: CRI Hannover –DAAD, November 1997 (1997).
6. Broge J. L.: *The Diesel Is Coming, the Diesel Is Coming*, Automotive Engineering International, SAE International, nr 1, ISSN 1543-849X, 1/2004 (2004).
7. Kreiger M.: *Le Systeme d'Injection. Une Contribution Essentielle au Moteur Diesel a Injection Directe Performant et Respoectueux de l'Environnement*, Ingenieurs de l'Automobile, No 731 (1999).
8. Merkisz J., Mazurek St.: *Pokładowe systemy diagnostyczne pojazdów samochodowych*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności (2002).
9. Merkisz J., Waligórski M., Boguś P.: *Możliwości i warunki zastosowania systemów podobnych do OBD w silnikach lokomotyw spalinowych*, The 29th International Conference on Internal Combustion Engines KONES 2003 (2003).
10. Merkisz J., Waligórski M., Boguś P., Grzeszczyk R.: *Diagnostyka pokładowa zjawiska wypadania zapłonów w silnikach lokomotyw spalinowych*, Kwartalnik naukowo-techniczny pt. *Pojazdy Szynowe*, nr 4/2002 (2002).
11. Newland D.E.: *Practical Signal Analysis: Do Wavelets make any difference?*, Proceedings of DTC'97 1997 ASME Design Engineering Technical Conference, September 14-17, 1997 Sacramento, California (1997).
12. Shie Qian, Dapang Chen: *Joint Time-Frequency analysis. Methods and Applications*, Prentice Hall PTR Inc. (1996).
13. Smyth J. G., Indra F., Freese C., Brown D., Potter M.: *General Motors Perspective on the Potential of Diesel Vehicles for the U.S. Automotive Market*, 25 Internationales Wiener Motorensymposium, 29-30.04.2004 (2004).
14. Piątek S., Węclewski S., Żałopa J.: *Lokomotywy spalinowe serii SP45*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1977.

Статья посвящена методу оценки процесса сгорания в двигателях с самовоспламенением, основанному на результатах анализа спектро-временной карты (t,f) и вибрационного сигнала, полученных от двигателя. Работа выполнена с целью выявления возможностей уменьшения содержания токсических веществ в отработавших газах двигателей на фоне существующих и будущих норм эмиссии токсических компонентов в Европе, а также требований эксплуатационного диагностирования транспортных средств. В работе представлен метод спектро-временного анализа (англ. JTFA-Joint Time-Frequency Analysis) как инструмента распознавания вибрационного сигнала. Представлен алгоритм и пример использования синхронно-усредненного кратковременного преобразования Фурье (англ.STFT-Short Time Fourier transform) для выделения из спектра вибрационных сигналов, тех, которые относятся к процессу сгорания.

Анализ спектрально-временной карты позволяет разработать меры, связанные с нарушением момента воспламенения смеси в двигателе внутреннего сгорания. Метод и выполненный анализ выбранных характеристик и параметров послужили основой для бортового функционального диагностирования процесса сгорания в системе EOBD (англ. European On-Board Diagnostic). Проведенные исследования могут быть полезны в совершенствовании контроля процесса сгорания в двигателе в условиях постоянной регистрации параметров и их анализа, а также обеспечении соответствующей вероятности диагностических оценок в системе EOBD.

*Ключевые слова: двигатель с самовоспламенением, вибрационный сигнал, эмиссия токсических компонентов, бортовая система диагностирования, процесс сгорания, скорость и ускорение вибрации, селекция сигнала.*

Стаття присвячена методу оцінки процесу згоряння в двигунах самозаймання, що ґрунтується на результатах аналізу спектро-тимчасової картки ( $t, f$ ) і вібраційного сигналу, отриманих від двигуна. Робота виконана з метою виявлення можливостей зменшення вмісту токсичних речовин у відпрацьованих газах двигунів на фоні існуючих і майбутніх норм емісії токсичних компонентів в Європі, а також вимог експлуатаційного діагностування транспортних засобів. У роботі представлено метод спектро-часового аналізу (англ. JTFA-Joint Time-Frequency Analysis) як інструменту розпізнавання вібраційного сигналу. Представлено алгоритм та приклад використання синхронно-усередненого короткочасного перетворення Фур'єра (англ. STFT-Short Time Fourier transform) для виділення із спектру вібраційних сигналів, тих, що належать до процесу згоряння.

Аналіз спектрально-часової карти дозволяє розробити заходи, пов'язані з порушенням моменту займання суміші в двигуні внутрішнього згоряння. Метод і виконаний аналіз обраних характеристик і параметрів стали основою для бортового функціонального діагностування процесу згоряння в системі EOBD (англ. European On-Board Diagnostic). Проведені дослідження можуть бути корисними в удосконаленні контролю процесу згоряння у двигуні в умовах постійної реєстрації параметрів та їхнього аналізу, а також забезпеченні відповідної ймовірності діагностичних оцінок в системі EOBD.

*Ключові слова: двигун з самозайманням, вібраційний сигнал, емісія токсичних компонентів, бортова система діагностування, процес згоряння, швидкість і прискорення вібрації, селекция сигналу.*

Jerzy Merkisz – D.Sc., Ph.D., Mech. Eng. Head of the Institute of Internal Combustion Engines and Transport, Poznan University of Technology.

Marek Waligórski – Ph.D. Mech. Eng Institute of Internal Combustion Engines and Transport, Poznan University of Technology.

Reviewer - D.Sc., Ph.D., Mech. Eng. Wiesław Zwierzycki

*Стаття подана  
10.06.2010*

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДЕРЕВНОЇ РОСЛИННОСТІ

Проведено дослідження фізіологічного стану дерев СЗЗ ЗАТ «ЛЛМЗ». Виявлено спроможність рослин протистояти антропогенному навантаженню

*Ключові слова: фітомеліорація, рослини, антропогенне забруднення, транспірація, хлорофіл.*

### Опис проблеми. Постановка завдання дослідження

Сьогодні є загально визнаним, що антропогенне забруднення негативно впливає на довкілля. На токсичні речовини атмосферного повітря кожна рослина реагує по-особливому. В свою чергу, рослини, в тій чи іншій мірі протистоять негативним змінам навколишнього середовища і, більш того, оздоровлюють його.

Для створення просторової єдності урбо- і біоценозів, що є головним завданням Національної екологічної мережі (НЕМ) України, необхідно вивчити механізми, спрямовані на відновлення фізіологічного стану рослин, які знаходяться під впливом антропогенного забруднення довкілля [1].

Тому актуальним є визначення стійких до антропогенного впливу видів рослин, застосування яких доцільне у фітомеліорації урбанізованих територій. Метою роботи було вивчення спроможності деревних рослин санітарно-захисної зони Луганського ливарно-механічного заводу протистояти антропогенному навантаженню.

Дослідженнями передбачалося вивчення адаптаційних механізмів рослин в умовах забруднення атмосфери викидами ливарно-механічного підприємства та визначення їх впливу на поліпшення біологічної активності ґрунту.

У ході роботи вивчали транспіруючу, каталазну і фотосинтетичну активність дерев на території СЗЗ ЛЛМЗ (зона забруднення) та поза її межами (контроль).

### Методика досліджень

Для вивчення показників фізіологічного стану дерев були взяті такі об'єкти досліджень: клен канадський (*Acer tataricum*), тополя чорна – осокір - (*Populus nigra* L.), верба біла (*Salix alba* L.), абрикос звичайний, каштан кінський (*Aesculus hippocastanum* L.), в'яз граболистий (*Ulmus caprinifolia* L.), липа серцелиста (*Tilia cordata* L.), тополя пірамідальна (*Populus italica* L.).

Фізіологічні показники стану рослин визначали за загальноприйнятими методиками [2].

### Результати досліджень

Як показали дослідження багатьох авторів [3,4,5], чутливість різних видів рослин до дії токсичних речовин значно вища, ніж у людини і тварин. Головною причиною цього є фотосинтетична діяльність, в ході якої рослинами поглинається не тільки вуглекислий газ, але і шкідливі гази.

В новій екологічній обстановці, що створилася, рослини виконують важливу гігієнічну роль. Особливо високе забруднення атмосферного повітря аерозолями створюється у великих містах і біля підприємств, що викидають в атмосферу багато пилоподібних частинок, які розповсюджуються у напрямі вітру.

ЗАТ «Луганський ливарно-механічний завод» є найбільшим виробником чавунних опалювальних радіаторів (єдиним в Україні), люків оглядових колодязів і дощоприймачів, гальмових колодок для залізничного транспорту та ін. Керівництво заводу вважає, що досягти високої якості продукції і значно знизити вплив ливарного виробни-

цтва на навколишнє середовище в цілому можна тільки шляхом впровадження нових сучасних технологій. Починаючи з 2005 року на заводі встановлено і запущено сучасне обладнання з Туреччини, Італії, Англії.

Досвід впровадження нових технологій довів, що здійснення технічного переобладнання виробничих потужностей не тільки економічно, а й екологічно доцільне.

Але в результаті проходження технологічних процесів на Луганському ливарно-механічному заводі в атмосферне повітря все ще викидаються забруднюючі речовини: оксиди вуглецю, оксиди азоту, сірчастий ангідрид, вуглеводні, оксиди марганцю, оксиди хрому, акролеїн, формальдегід, ксилол, пилоподібні частки. Забруднення повітря цими речовинами характеризується негативним впливом на здоров'я людини, тварин, стан рослин, а також на властивості атмосфери.

Дослідження впливу викидів ЗАТ «Луганський ливарно-механічний завод» на екологічний стан деревної рослинності показали, що каталазна активність у листі рослин санітарно-захисної зони цього підприємства була значно менша, ніж у контрольних дерев (табл.1). Але у листі досліджуваних екземплярів абрикоса звичайного інтенсивність процесу під впливом антропогенного навантаження не знижувалась, а навпаки, була вищою. Цей факт, очевидно, пояснюється індивідуальністю механізму захисту і стійкістю до забруднення ферментативної системи цих рослин.

Зазначено високу каталазну активність у листі верби білої. Цей показник незалежно від зони його визначення дорівнював 10 балам.

Т а б л я 1

Активність каталази у листі дерев, бал

№	Вид рослини	Контроль	Зона забруднення
1	Клен канадський	5	2
2	Верба біла	10	10
3	В'яз граболистий	6	7
4	Осокір	6	3
5	Абрикос звичайний	2	5
6	Каштан кінський	6	4
7	Липа серцелиста	6	2
8	Тополя пірамідальна	8	3

Вивчення інтенсивності транспірації рослин показало, що у абрикоса звичайного цей показник не тільки залишається без змін, але й знижується у зоні забруднення (з 58 до 49 г/м<sup>2</sup>год), тобто процес випаровування води продирами залишається стійким. У інших досліджуваних порід дерев зони забруднення віспостерігалось прискорене витра-

чання доступного запасу вологи в порівнянні з контрольними (незапиленими) рослинами (табл. 2).

Т а б л и ц я 2

Характеристика інтенсивності транспірації рослин

№	Вид рослини	Інтенсивність транспірації, г/м <sup>2</sup> год	
		контроль	зона забруднення
1	Клен ясенелистий	42	47
2	Верба біла	50	58
3	В'яз граболистий	32	52
4	Осокір	36	48
5	Абрикос звичайний	58	49
6	Каштан кінський	22	30
7	Липа серцелиста	30	52
8	Тополя пірамідальна	28	39

У ході досліджень було зазначено, що у непошкоджених замикаючих клітинах продохів контрольних рослин хлоропласти рівномірно розсіяні по цитоплазмі.

У листі дерев зони забруднення відбувалося скорочення їх розмірів, а також набухання і групування хлоропластів в замикаючих клітинах продохів. Від цього продихова щілина відкривалася, що і дозволяло газу потрапляти всередину листа.

У пошкодженому листі відбувалося подальше ураження покривних клітин, що спричиняло появу плазмолізу цитоплазми і порушення зовнішнього вигляду рослин.

Визначення хлорофілу в листі дослідних рослин показало його підвищений вміст у клена канадського -- 26 мг/л ( в контрольних рослинах -17 мг/л), верби білої -- відповідно 24 та 19 мг/л, в'яза граболистого -18 та 36 мг/л, каштана кінського - 23 та 32 мг/л, абрикоса звичайного-- 21 та 19 мг/л (табл. 3). Отже, фотосинтетична діяльність у цих рослин проходить більш інтенсивно в умовах антропогенного навантаження, що свідчить про наявність у них адаптаційних механізмів.

Т а б л и ц я 3

Вміст хлорофілу в листі рослин, мг/л

№	Вид рослини	Контроль	Зона забруднення
1	Клен канадський	17	26
2	Верба біла	19	24

3	В'яз граболистий	18	36
4	Осокір	35	10
5	Абрикос звичайний	19	21
6	Каштан кінський	23	32
7	Липа серцелиста	12	15
8	Тополя пірамідальна	19	21

### Висновки

Дерева СЗЗ ЗАТ «ЛЛМЗ» відповідають на антропогенне навантаження формуванням адаптаційних механізмів, що виявляється у такому:

- у верби білої, в'яза граболистого, каштана кінського, клена канадського забруднення стимулює каталазну активність; у тополі пірамідальної, липи серцелистої, осокіра - пригнічує;

- у абрикоса звичайного інтенсивність транспірації не тільки залишається без змін, але й знижується у зоні забруднення, тобто процес випаровування води продирами залишається стійким. Інші досліджувані дерева зони забруднення прискорено, в порівнянні з контрольними, витрачали доступний запас вологи;

- у листі дерев зони забруднення відбувалося скорочення розмірів, набрякання і групування хлоропластів у замикаючих клітинах продири. Від цього продири щілина відкривалася, це і дозволяло газу потрапляти всередину листа.

У пошкодженому листі відбувалося подальше ураження покривних клітин, що спричиняло появу плазмолізу цитоплазми і порушення зовнішнього вигляду рослини; - фотосинтетична діяльність у клена канадського, верби білої, в'яза граболистого, каштана кінського, абрикоса звичайного проходить інтенсивно в умовах антропогенного навантаження, що свідчить про наявність у них адаптаційних механізмів.

Отже, рослини в умовах антропогенного забруднення за допомогою своїх адаптаційних механізмів спроможні в тій чи іншій мірі виконувати перетворювальну функцію - поліпшувати екологічний стан навколишнього середовища.

З метою покращення екологічного стану СЗЗ ЗАТ «ЛЛМЗ» та інших підприємств міста Луганська рекомендуємо для подальшої фітомеліорації рослини: вербу білу, клен канадський, каштан кінський, тополь пірамідальну, в'яз граболистий, липу серцелисту, абрикос звичайний.

### Література

1. Закон України «Про екологічну мережу України» №1864-1У від 24.06.04.
2. Викторов Д.П. Практикум по физиологии растений - 2-е издание. – Воронеж: издат-во ВГУ, 1991. – 160 с.
3. Каспрук О.І. Вплив урбанізації на стан фітоценозів садово-паркового ландшафту// Матер. І-го міжн. семінару "Проблеми ландшафтної архітектури, урбоєкології та озеленення населених місць". – Львів: УкрДЛТУ. – 1997, том. 2. – С. 3032.
4. Kucheryavuj V.P., Kaspruk O.I. Problems of urboecology and phytomelioration of town areas// Urban environmental problems: 1-st international conference (Kosice, 1996). – P. 130133.
5. Экология города: Под ред. Ю.Стольберга учебник. – К.: Либра, 2000. – 464 с.

В статье проведены исследования физиологического состояния деревьев СЗЗ ЗАТ «ЛЛМЗ». Обнаружена способность растений противостоять антропогенной нагрузке.

*Ключевые слова: фитомелиорация, растения, антропогенное загрязнение, транспирация, хлорофилл.*

The paper studied the physiological state of trees sanitary protection zone of Lugansk foundry-mechanical plant. Discovered the ability of plants to withstand anthropogenic load.

*Key words: phytomelioration, plants, anthropogenic pollution, transpiration, chlorophyll.*

Головко Н.С.- Східноукраїнський національний університет імені В.Даля, доцент кафедри екології, доц., к. с/г.н.

Рецензент:Форошук В. П.- Східноукраїнський національний університет імені В.Даля, доцент кафедри екології, доц., к.б.н.

*Стаття подана  
27.10.2010*

## THE IMPACT OF DISSOLVING OXYGEN IN DIESEL FUEL ON THE TOXIC EXHAUST GAS EMISSION

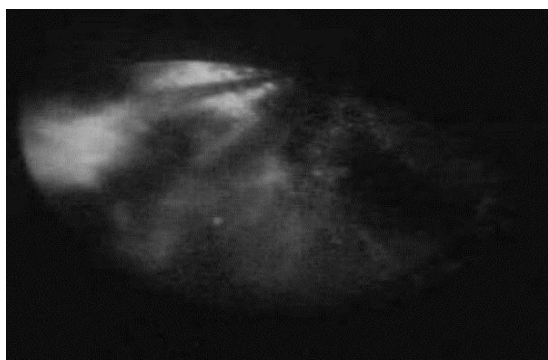
The Institute of Combustion Engines and Transport has developed a concept of fuelling diesel engines with an improved mechanism of spray. The proposed novelty value of spray consists in dissolving either air, exhaust gases, oxygen and CNG in diesel fuel.

The effervescence of diesel fuel mixed with gases is to facilitate the spray. In the non-equilibrium states of a solution, formed as a result of dissolving gas in a liquid, the gaseous phase is spontaneously released from the solution. This process has a volumetric character and at the appropriate kinetics it is strong enough to be accompanied by the effervescence (bubbling) of the liquid. At the moment, widespread researches are carried out in order to evaluate the practical application of the concept in injection systems. The article presents the results of tests concerning the impact of oxygen dissolved in diesel fuel on the combustion process in diesel engines. The tests were done in the piston head of an engine equipped with a toroidal combustion chamber and direct injection. During the tests the following factors were measured: the main indicators of motor operation, the range of pressure values obtained in the combustion chamber and before the injector, emissions of HC, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> and opacity.

*Keywords: CI engine, alternative fuels, emissions, dissolving process*

### INTRODUCTION

Combustion processes that occur in a compression-ignition engine (CI) as the outcome of the direct injection are of special nature owing to the fact that liquid fuel in a form of fuel sprays is supplied to the engine combustion chamber right before the piston top dead centre (TDC). Thus pretreatment of fuel mixture before burning, which includes for instance fuel spray disintegration into droplets or evaporation and mixing with air, is constrained by a very short time. This way of fuelling the engine entails significant local differences between the excess air factor values  $\lambda$  in various areas (fig. 1).



The combustion process in the combustion chamber of a direct injection compression ignition engine

As far as the combustion process is concerned, the local deficiencies in oxygen constitute a major cause of carbon oxide and hydrocarbons formation. Moreover, the local shortage of oxygen is partially responsible for particulate matter formation, whereas nitrogen oxides formation is mainly connected with the flame development kinetics that account for



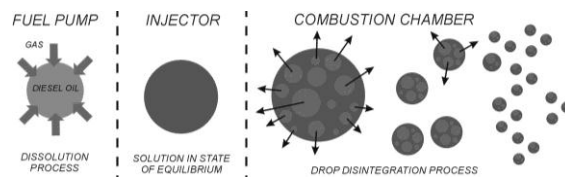
heat released during combustion. Since the spraying quality and air swirls are firmly correlated with the emissions of carbon dioxide and toxic compounds, fuel mixture pretreatment becomes of paramount importance if the emissions are to be decreased. In order to achieve this goal and produce a more environmentally friendly combustion engine, fuel spraying should be, firstly, analyzed profoundly and later, improved on the basis of the analysis.

To begin with, it is known that the fuel spraying is determined by two critical factors, i.e. the pressure in the nozzle area right before the nozzle hole and the pressure in the combustion chamber where the fuel spray is directed to. Currently, the view that higher injection pressure values improve the fuel spraying is in the injection systems development mainstream. This preferred tendency is quite noticeable as the major advancements have been implemented in the Common Rail (CR) system. Each new generation of this system becomes modified to endure higher and higher injection pressure values [1, 2].

However, fuel spraying can be improved not only by means of an increased injection pressure but also by alternations in the mechanism of the fuel spray disintegration into droplets [3-7]. So far the fuel spray disintegration has been realized solely owing to the high velocity of the fuel outflow from the nozzle. Yet, the fuel spray may fall apart into droplets more efficiently if fuel-gas solution is formed before supplying the mixture into the combustion chamber. The gaseous phase of the fuel constitutes another critical factor that immensely influences the fuel spraying, and thus the emissions as well as carbon dioxide formation. Therefore it is the purpose of this article to describe and explain the ultimate fuel spraying modification which advances fuel disintegration without rising the injection pressure.

The applicability of the proposed mechanism cannot be evaluated until the physical aspects of the mechanism become exhaustively clarified to provide a firm ground for the engine design modifications. Firstly, the amount of gas that can be dissolved in a liquid, and in the fuel likewise, significantly depends on the pressure of the liquid. A spontaneous release of gas at the non-equilibrium state caused by the liquid pressure is quite typical for such a solution. Secondly, the process of releasing the gas from a liquid is of a volumetric nature, i.e. the gas is being released simultaneously from the whole liquid volume. Finally, as a result, the thermodynamic potency rises so that the gas which is released always has a tendency to break the bonds of liquid molecules. Under such conditions the state of liquid is similar to the state of boiling. The highlighted properties of a liquid are very desirable in the injection system, since fuel displays similar behaviour if mixed with gas. Hence, the concept of using the effervescence effect resulting from releasing gas in fuel has been developed in order to improve the existing mechanism of fuel spraying.

This concept consists in adding the appropriate amount of oxygen to the fuel, then dissolving it under high pressure conditions (in a high pressure pump) and keeping it in a form of solution in a high-pressure section of the engine supply system (up to the nozzle) until the moment of injection as shown in fig. 2. In this case the assumed injection pressure determines the solution thermodynamic potency at which the equilibrium state is achieved.

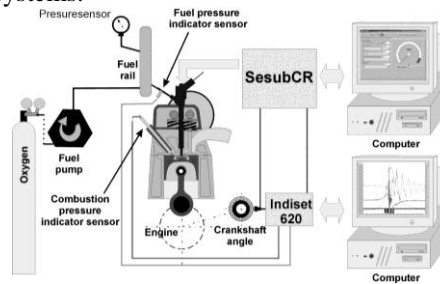


The illustration of a conceived fuel spraying improvement by dissolving gas in fuel [3, 4]

In the case of gas-fuel solution, it has to be pointed out that the gas-fuel injection into the combustion chamber causes a sudden pressure drop which entails a serious disturbance of an equilibrium state, and thus, the fuel spray becomes disintegrated due to the gas release in the fuel and the effervescence side-effect. A detailed description of this concept is presented in [3, 4]. One of the gases that

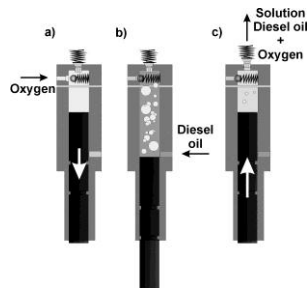
## TEST STAND

The tests were carried out on the engine test stand (fig. 3) equipped with the direct injection compression-ignition test engine AVL 5804. This is a one-cylinder engine with a four-valve cylinder head and two camshafts. The injector is situated in the cylinder head centrally in the cylinder axis. The engine had a conceptual supply system of a Common Rail type controlled by SesubCR system – a specially system developed for Common Rail unit electronic control. The test stand had a brake to adjust engine crankshaft speed regardless of the engine load. The test stand also included the lubricating oil and cooling fluid as well as temperature stabilization systems.



The test stand

The fuel was supplied to the engine by an accumulator supply system that comprised a supply pump with an independent drive unit. The fuel compressed in the pump was pumped (forced) to the accumulator (a container) called the pressure accumulator from which it was delivered to the BOSCH 0445 110 131 injector. Its work was controlled by SesubCR system. The relevant injection parameters i.e. the injection start angle and the injection duration time were set by a computer connected with the SesubCR system. In order to perform a correct analysis of the changes in the engine operation parameters it was necessary to fill in the information on the cylinder pressure characteristics just before the injector and also on the characteristics of the pulses controlling the injector operation as a function of the crank angle. For those reasons the engine was equipped with a piezoelectric sensor of the indicated pressure situated in the engine cylinder head just before the injector directly on the injection pipe connecting the injector with the accumulator. The voltage pulses generated by those sensors, after their amplification, and the signal from pulses controlling the work of the injector as well, were sent to the Indiset 620 system provided for recording the quick changing engine processes given in the voltage form. For the comparative nature of the performed examinations it was necessary to use two supply pumps, the conventional one, which barely compresses diesel fuel, and the second one which makes the gas-in-fuel dissolving possible while it is being pumped (forced) [fig. 4]. During the investigations the tonnage oxygen taken out from the high pressure oxygen cylinder with the use of the pressure reducing valve was used to be dissolved in fuel. Oxygen at the pressure value of 1 and 5 bar was supplied to the forcing section area of the pump through a non-return valve during the piston moving downwards (fig. 4a). As soon as the piston reveals the lower passage the gas supplying valve closes and the diesel fuel supplying to the fuel forcing section starts (fig. 4b). As soon as the piston moving upwards closes the passage supplying the fuel the compression of the oxygen and diesel fuel in the forcing section starts, during which a gas-in-fuel dissolving process occurs. The liquid solution obtained in this way is pumped (forced) to the fuel accumulator (fig. 4c). From the fuel accumulator it is supplied to the injector, and next to the combustion chamber of the DI engine.



The realisation of the gas-in-diesel fuel dissolving process [3]

The analysis of results obtained in the course of the research required a relevant methodology that had to be developed.

### Examination procedure

The examination was of a comparative nature so it was carried out in two stages. In the first stage the engine was fuelled with diesel fuel and the injection parameters were set as follows:

- the simulated engine speed : 1600 rpm;
- the fuel pressure in rail: 35 MPa;
- the duration time of electric pulse opening the injector: 0.95; 1.05; 1.21; 1.32; 1.49 ms.

In the second research stage the engine was fuelled with diesel fuel -and-dissolved oxygen at the same settings of the above injection parameters and the oxygen pressure value in pump: 1 bar.

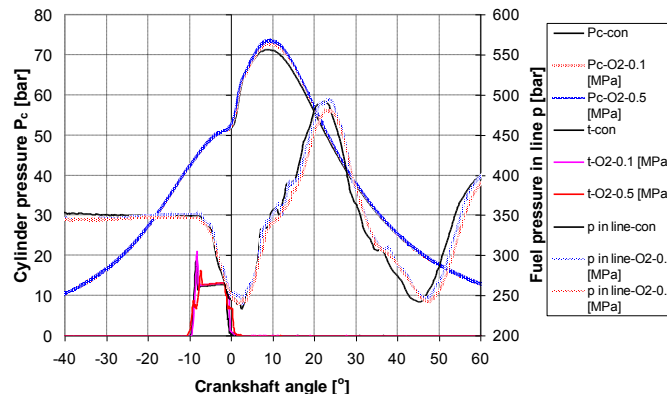
During the examinations some measurements of the toxic exhaust gas compounds were performed. In each of the set engine operating points the cylinder indicated pressure values, fuel in the injection pipe before the injector, and characteristics of the intensity of the injector opening current values were additionally measured. Those measurements allowed to estimate the similarity of the parameters of the fuel injection realised in each stage of the performed examinations. The obtained parameters were subject to the mutual comparative analysis.

### TEST RESULTS AND DISCUSSION

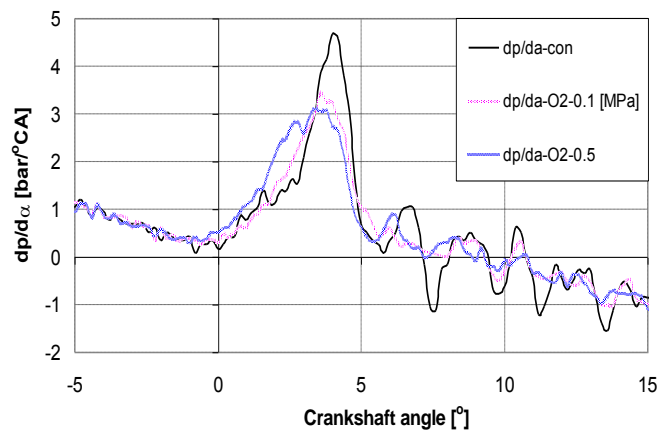
The evaluation of the discussed conception will be made on the basis of the comparative analysis performed for two groups of values. The first group includes the cylinder pressure value and the rate of the cylinder pressure rise. These quantities are closely connected with the combustion process kinetics. The second group includes the basic components of exhaust gas, the emission of which is subject to the limitation. They are: nitrogen oxides  $\text{NO}_x$ , carbon oxide CO, hydrocarbons HC and opacity.

Having realized their research project the authors have gathered extensive comparative material which one cannot help fully presenting here. In this paper only some exemplary results are presented to show the tendencies how the oxygen content in the fuel influences the engine operation observed within the whole research range. These results are presented in a graphic form.

The nature of this impact on the cylinder pressure  $P_c$ , characteristic during the combustion process, is shown on a chosen point of engine work in fig. 5. In this figure the fuel pressure characteristics in the high pressure rail  $P$  and the signal  $t$  characteristics are additionally plotted. Owing to the fuel solution and increased mass of oxygen dissolved in it, the compression-ignition delay appears to have a tendency to be shortened. In addition, as the oxygen mass was increasing because of the pressure rise from 1 bar to 5 bars in the pump, the maximal value of pressure in the cylinder was rising too. The courses of both values are illustrated in fig. 6, since they recurred in all examined engine operating conditions.



The pressure in the engine cylinder supplied with diesel fuel and diesel fuel with dissolved oxygen;  $n = 1600$  rpm,  
 $p_{\text{rail}} = 35$  MPa,  $t = 1,32$  ms



Pressure rise rate in the function of the crank angle;  $n = 1600$  rpm,  
 $p_{\text{rail}} = 35$  MPa,  $t = 1,32$  ms

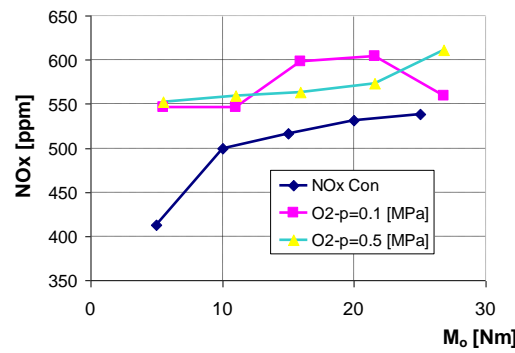
The nature of discussed changes is closely connected with the compression-ignition delay angle. After adding oxygen to fuel a compression-ignition delay angle is subject to a significant curtailment in comparison to the angle if supplied with fuel without oxygen. The extent of the curtailment depends on the amount of oxygen dissolved in fuel and, obviously, on the location of the engine operation point in the general engine characteristics.

Furthermore, the shortened compression-ignition delay angle accounts for the pressure rise rate decrease, distinctly visible in the combustion chamber. At present, it is quite difficult to provide a solid theoretical ground for the interdependence between the increase of oxygen dissolved in fuel and the lower rate of the pressure rise. In the case of supplying oxygen under the pressure of 5 bars the maximal rate of the pressure rise was noticeably decreased.

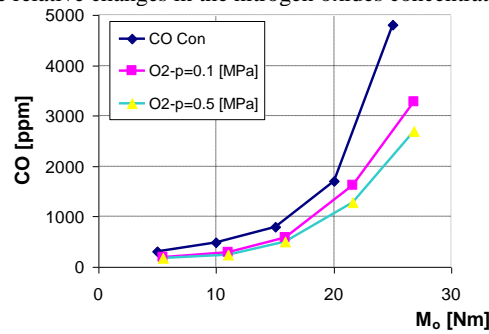
The improvement of the fuel spray was expected to bring about some positive changes in the aspects of emissions. Therefore, in order to verify the efficiency of the improved fuel spraying mechanism, the amount of toxic compounds released at particular engine operation points if fuelled with fuel-oxygen solution were compared with the emissions caused by the engine fuelled with conventional diesel fuel. The changes in exhaust gas contents as well as toxic compounds concentrations are given in figures 7-10.

On the basis of the comparative analysis, it can be concluded as follows, firstly, better fuel spraying causes a temperature growth which is responsible for intensified  $\text{NO}_x$  emissions.  $\text{NO}_x$  concentration rose by 25% at a low engine load. As the engine load increased the concentration

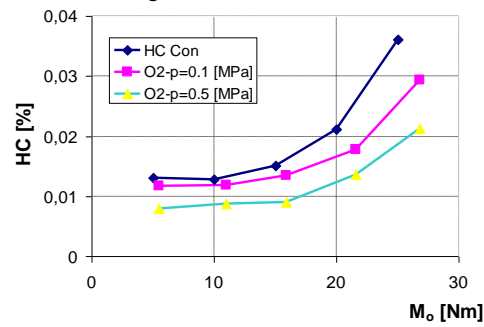
decreased and it was 5–17 %. However, it was still higher than the concentration measured for the engine fuelled with diesel fuel.



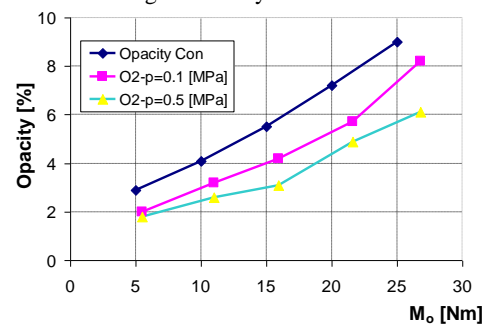
Comparison of the relative changes in the nitrogen oxides concentrations in exhaust gas



Comparison of the relative changes in the carbon oxide concentrations in exhaust gas



Comparison of the relative changes in the hydrocarbons concentrations in exhaust gas



Comparison of the relative changes in the opacity in exhaust gas

Seco

ndly, although the changes in the case of NO<sub>x</sub> emissions are not presumably desirable, the carbon oxide concentration in exhaust gas almost halved at some points; yet on a global

scale, it decreased by 10–40%. Thirdly, the hydrocarbons concentration at particular engine load points diminished by 10–20 %.

Finally, in comparison to the diesel fuel-based fuelling system (fig. 10), opacity of exhaust gas considerably decreased (in some cases even by 35%) in all measurements conducted on the solution-based fuelling system. It is widely known that smokiness indicates the content of soot in exhaust gas to a great extent. Thus, should soot formation mechanism be simplified to cracking, it is possible to draw a conclusion that the liquid fuel phase gives rise to soot. The amount of formulated soot depends on the physical conditions in which hydrocarbon liquid phase is maintained void of air.

### Conclusion

In the light of the presented results, the above-described physical process that provides a theoretical foundation for the new mechanism of fuel spraying can fairly account for the emissions downsizing in combustion engines. Apparently, gas dissolved in fuel, oxygen in this case, improves fuel spraying and indirectly modifies the contents of exhaust gas, especially as far as the toxic compounds and carbon dioxide are concerned. In fact, all main toxic compounds concentrations decreased including the enormous carbon dioxide fall. Furthermore, the temperature growth proves that the fuel disintegration has become more efficient, but it additionally entails NO<sub>x</sub> emissions rise. However, the temperature increase seems to be rather unavoidable at present since Common Rail advancements also cannot help NO<sub>x</sub> formation as the outcome of the temperature growth caused by the increased injection pressure. Nevertheless, one of priorities of automotive advancements in terms of the nature conservation is to diminish not NO<sub>x</sub>, but carbon dioxide which is considered to be highly dangerous greenhouse that should be fought against by all means.

### References

1. Minato A., Tanaka T., Nishimura T.: Investigation of Premixed Lean Diesel Combustion With Ultra-High- Pressure Injection. *SAE Technical Paper Series* 2005-01-0914.
2. List H. O., Cartellieri W. P., "La technologie du Diesel Bases, Etat de l'Art et Perspectives ", *Ingenieurs de l'Automobile*, Nr 731 Aout – Sept. 1999.
3. Merkisz J., Kozak W., Bajerlein M., Markowski J.: The Influence of Exhaust Gases Dissolved in Diesel Oil on Fuel Spray Particular Parameters *SAE 2007-01-0488, Session: Diesel Fuel Injection and Sprays, SAE World Congress & Exhibition*, 16-19.04.2007, Detroit, Michigan, USA.
4. Kozak W., Bajerlein M., Markowski J.: The application of gas dissolved In fuel with a view to improve the mechanism of spraying. *Combustion Engines* Nr 1/2005 (120).
5. Heitland H., Rinne G., Kozak W., Wislocki K., Investigations on forming of fuel spray shape in air-assisted fuel injection, *Journal of KONES'98, Warsaw-Gdansk*, Vol. 5, No 1, 1998.
6. Senda, J., Ohshita, S., Yamamoto, M., Fujimoto, H.: Low Emission Diesel Combustion System by Use of Reformulated Fuel with Liquefied CO<sub>2</sub> and n-Tridecane”, *Proc. 6th Int. Symposium on Marine Engineering*, pp.497-504, Tokyo, 9-11 September 2000.
7. Merkisz J., Kozak W., Bajerlein M., Markowski J.: The influence of exhaust gases dissolved in diesel oil on the parameters of CI engine's performance, *31st FISITA World Automotive Congress JSAE*, 22-27.10.2006 Yokohama, Japan.

В институте двигателей внутреннего сгорания и транспорта Познанского технического университета разработаны концепция и система топливоподачи двигателя с самовоспламенением, в механизме распыления которого используется газ (отработавшие газы, воздух, кислород, CNG), растворенный в дизельном топливе. Осуществлены задуманные исследования по оценке практической реализации такой концепции в системах топливоподачи. В статье содержатся результаты предварительных исследований влияния содержания кислорода в дизельном топливе на протекание процесса сгорания в двигателе. Исследования проведены на двигателе с тороидальной камерой сгорания в днище поршня с непосредственным впрыском. Измерялись основные параметры работы двигателя, величины давлений в камере сгорания и перед распылителем, а также концентрации токсических соединений в отработавших газах- HC, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, DB. Результаты исследований на трех

частотах вращения коленчатого вала двигателя представлены в статье в виде графиков. В статье содержится сравнительная оценка экологических показателей двигателя при работе на традиционном топливе и с растворенным в нем кислородом.

*Ключевые слова: двигатель с самовоспламенением, альтернативные топлива, отработавшие газы, растворенные газы.*

В інституті двигунів внутрішнього згорання і транспорту Познанського технічного університету розроблено концепцію та систему паливоподачі двигуна із самозайманням, у механізмі розпилення якого використовується газ (відпрацьовані газы, повітря, кисень, CNG), розчинений в дизельному паливі. Здійснено задумані дослідження з оцінки практичної реалізації такої концепції в системах паливо подачі. У статті містяться результати попередніх досліджень впливу вмісту кисню в дизельному паливі на перебіг процесу згорання у двигуні. Дослідження проведено на двигуні з тороїдальною камерою згорання в днищі поршня з безпосереднім упорскуванням. Вимірювалися основні параметри роботи двигуна, величина тиску в камері згорання та перед розпилювачем, а також концентрації токсичних сполук у відпрацьованих газах-НС, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, DB. Результати досліджень на трьох частотах обертання колінчастого вала двигуна наведено у статті у вигляді графіків. У статті міститься порівняльна оцінка екологічних показників двигуна при роботі на традиційному паливі і з розчиненим у ньому киснем.

*Ключові слова: двигун із самозайманням, альтернативні палива, відпрацьовані газы, розчинені газы.*

Prof. Jerzy Merkisz - D.Sc., Ph.D., Mech. Eng. Head of the Institute of Internal Combustion Engines and Transport, Poznan University of Technology.

Maciej Bajerlein - Ph.D. Mech. Eng. Head of the Combustion Engine Laboratory, Poznan University of Technology.

Reviewer - D.Sc., Ph.D., Mech. Eng. Marek Idzior

*Стаття подана  
10.06.2010*

### ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ЭКОЛОГИИ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ I–II УРОВНЯ АККРЕДИТАЦИИ

Приведен зарубежный опыт преподавания экологических дисциплин в университетах США. Акцентируется внимание на особенностях преподавания экологии вчерашним 15–16-летним школьникам, основываясь на мировом опыте.

*Ключевые слова:* преподавание экологии, “полевые” учебные центры, колледж.

Ни для кого не секрет, что в Украине, как и в других странах бывшего СССР, крайне обострились проблемы экологической безопасности.

С течением времени острота и масштабы этих проблем увеличиваются с катастрофической быстротой. Очагами экологической напряженности, как правило, являются районы концентрации энергетической, металлургической и химической промышленности и громадное количество транспорта. Луганская область относится именно к таким регионам.

Сложившаяся ситуация обусловлена, с одной стороны, отсутствием культуры предпринимательства, а с другой – слабостью экономической базы большинства промышленных предприятий. Руководители различных предприятий по незнанию, а многие нарочито, не считают себя ответственными за результаты влияния деятельности их фирм на состояние окружающей среды. Однако ответственность за экологическую обстановку, а в более широком плане за нормальное существование будущих поколений украинцев не только связана с категорией предпринимателей и руководителей, но и прямо зависит от всего населения в целом [1].

Вузы, где понимают важность экологической культуры и грамотности, вводят в свои учебные планы дисциплины, связанные с решением экологических проблем.

Целью работы является: краткий анализ мирового опыта преподавания экологических дисциплин. Дать рекомендации для дальнейшего улучшения преподавания экологии в вузах I–II уровня аккредитации (техникумах и колледжах).

Опыт зарубежных стран подтверждает правильность такого подхода. Так, науки об окружающей среде преподаются в США с поражающим воображение размахом. Так, в Калифорнийском университете Беркли в качестве специализации предлагается на выбор 136 курсов, так или иначе связанных с исследованиями окружающей среды, и 50 курсов по “чистой” экологии — леса, моря, биосферы, микроорганизмов и т.п. Все это преподается как на специализированных факультетах — экологических наук, экономики и политики в области окружающей среды, экологии и здравоохранения, экологии и природопользования, экологического дизайна, — так и на прочих, казалось бы никак не связанных с данными науками: архитектурном, истории искусств, международных исследований и других. Тут-то и понимаешь, насколько глубоко экология «въелась» во все аспекты жизни США! Это подтверждается и программами других американских университетов, в частности Миннесотского и Колорадского, ничем другим не примечательных, кроме блестящего преподавания наук об окружающей среде...

Но в других странах под экологией понимается нечто гораздо большее, чем охрана окружающей среды. Ведь название этой науки происходит от греческого слова *oikos* — “дом”, “жилище”, “Родина”, и занимаясь ею, по-настоящему понимаешь: наш дом — планета Земля [2].



В колледже при преподавании 54 - часового курса экологии приходится сталкиваться со вчерашними 15-16 - летними школьниками, которые знакомились с основами экологии при изучении школьных курсов биологии, географии и ОБЖД. Придя в вуз получать профессии портного, закройщика, парикмахера, слесаря по ремонту автомобиля, они относятся к экологии как к второстепенному предмету, который им будет не нужен. Поэтому, на наш взгляд, основной акцент при преподавании этого курса должен быть сделан на преподавание экологической этики и экологии человека. Цель изучения курса: формирование осознанного нравственно-уважительного отношения к Природе и любому Живому, в том числе и человеческой Жизни. Предполагается: дать студенту знания о сущности и основных проблемах экологической этики, ее основных принципах и ценностях; выработать у него способность и привычку к рефлексии над проблемами Природы, Жизни и Смерти, Иного Живого; ознакомить с нравственными сторонами актуальных экологических проблем его будущей специальности; помочь сформировать собственную этическую точку зрения на эти проблемы и умение отстаивать ее; выработать устойчивую ориентацию и готовность в будущей практической деятельности руководствоваться принципами и нормами экологической этики [3].

Нам представляется, что экологическое образование должно иметь общемировые принципы, лишенные идеологических, религиозных и других субъективных подходов, и быть направленным на воспитание творческой личности, характеризующейся высокими нормами этики и морали. Есть основания полагать, что экологическая наука постепенно сформирует общечеловеческие философские концепции, которые смогут остановить сползание человечества в бездну социальных катастроф.

Обилие информации в специальной литературе, возможность вхождения в Интернет создает все условия для самостоятельной работы студентов. Весьма продуктивна деятельность студентов при написании рефератов, подготовке курсовых и дипломных работ, участии в конференциях и симпозиумах, посвященных различным проблемам экологии человека как глобальным, региональным, так и локальным [4].

Современные требования к обучению студентов требуют максимальной активизации учебной деятельности студентов, так как экологические знания должны стать составной частью их мировоззрения. Это становится возможным при введении в процесс обучения современных инновационных образовательных технологий. На наш взгляд, формирование понятий по экологии игровыми методами повысит мотивацию к изучению этого предмета. Игровые методы не получили еще должного внедрения в практику обучения в вузе. Учебные цели, поставленные скрыто, реализуются незаметно. Правильно организованная игра позволяет развить навыки самостоятельной деятельности, работы с литературой, актуализировать предметные знания, оказывает значительное влияние на их интегрирование и формирование системы научных знаний, расширяет сферу их приложений. Некоторые темы практических занятий целесообразно проводить в виде тематических конференций, брейн-рингов, КВНов, олимпиад. В таком случае закрепление материала происходит в процессе объяснения материала и при коллективном обсуждении на практических занятиях. Для контроля знаний лучше использовать компьютерные тестовые опросы студентов по основным разделам курса. Использование компьютера усиливает интерес студентов к предмету, оказывает эмоциональное воздействие, способствует появлению потребности к самостоятельному приобретению знаний. Анализ тестовых заданий позволяет проводить мониторинг качества знаний и предметных умений (входной, текущий, периодический, итоговый и заключительный контроль), диагностику ошибок в целях последующей корректировки процесса обучения [5].

На наш взгляд, заслуживает внимания опыт Великобритании по полемому экологическому образованию школьников.

Сущность этого подхода и практиков такова. Учащиеся большинства школ старшей ступени (13-17 лет) обучаются с использованием “проектного подхода”, при котором каждый учащийся выбирает себе для исполнения какой-либо проект, как правило, — проведение самостоятельного исследования со всеми присущими этому виду творчества формами деятельности — постановкой задач, подбором методик, сбором

материала, его обработкой, осмыслением, написанием статьи (отчета) и его защитой. Фактически выполнение проекта аналогично выполнению курсовой (дипломной, диссертационной) работы, но на уровне, соответствующем школьному возрасту. Проектный подход практикуется в качестве дополнения к «классно-урочной» системе обучения по большинству школьных предметов, в том числе по естественнонаучному циклу и, в старших классах, по предмету Science (естествознание).

В рамках проектного подхода все школьники один или два раза в год выезжают в специальные «учебные» («полевые») центры на практику. Организацией таких практикумов, например в Великобритании, занимаются различные организации, в частности Field Studies Council (негосударственная образовательная организация, переводимая дословно как «Совет полевых исследований», функционально более точно — «Центр полевого образования»).

Полевые учебные центры представляют собой «пансионаты» на 50-100 человек, расположенные в живописных и удаленных от города уголках «дикой» природы. Во время проведения практикумов дети живут и учатся в этих центрах в течение 3-х — 7-и дней.

Собственно «учеба» заключается в самостоятельной исследовательской работе школьников в природе. Спектр изучаемых там проблем и собираемых учащимися данных зависит, во-первых, от сезона года, в который проходит практикум, во-вторых, — от географических особенностей места проведения и, в-третьих, — от наличия преподавателей той или иной специализации [6]. В Украине, при отсутствии центров полевого образования, можно предложить проведение полевого экологического практикума. Студенты работают индивидуально или небольшими группами по 2-3 человека (бригадами): организуют наблюдения, эксперименты, отбирают пробы, проводят съемку местности и т.д. При этом общий спектр выполняемых исследовательских работ очень широк — от наблюдений за поведением птиц до составления почвенных и геологических карт местности. Основные изучаемые предметы (области естественных наук) — география, ботаника, зоология, водная экология, экологический мониторинг.

Такие практикумы являются истинно экологическими, а не специализированно биологическими или географическими. При их проведении основной акцент делается не на изучение отдельных объектов природы (видов животных или растений, почв, минералов или рельефа), а на изучение целых экосистем с их сложными взаимосвязями или, по крайней мере, на изучение экологических групп видов [6].

### **Выводы**

Экологическое образование станет приоритетным только тогда, когда проблемы экологии и сохранения природы будут стоять на одном из первых мест не только на страницах «зеленой» прессы, но и в документах правительства.

### **Литература**

1. Вишняков Я. Экология: опыт преподавания в экономических и управленческих вузах [Текст] / Я. Вишняков // Высшее образование в России. — 1996. - № 3. — С. 90 - 96.
2. Лучшие программы по экологии. Образовательная группа «Открытый Мир», [Электронный ресурс] / Журнал «Обучение за рубежом». — 2003. - № 9. — Режим доступа: <http://www.open-world.ru/articles/ecology.php>.
3. Экологическая этика в системе биоэтического образования Республики Беларусь, проект Бюро ЮНЕСКО в Москве [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://iseu.by:8080/online/showpage.jsp?PageID=87499&resID=100229&lang=ru&menuItemID=116579>.
4. Некоторые аспекты преподавания экологии человека в высших учебных заведениях [Текст] / А.А. Башкиров, В.П. Пухляк, О.М. Родионова, Е.В. Лукина // Вестник Российского университета дружбы народов, Серия Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2003. - № 7. — С. 31 — 38.
5. Преподавание экологии в техническом университете [Текст] / Н.М. Привалова, Е.Б. Крицкая, Ж.В. Капустянская, А.А. Процай // Успехи современного естествознания. - 2007. - №3. - С. 60 — 61.

6. Боголюбов, А. С. Полевое экологическое образование в зарубежных странах / А. С. Боголюбов [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.ecosystema.ru/07referats/ee-abroad.htm>.

Наведено зарубіжний досвід викладання екологічних дисциплін в університетах США. Акцентується увага на особливостях викладання екології вчорашнім 15 - 16 - літнім школярам, ґрунтуючись на світовому досвіді.

*Ключові слова: викладання екології, "польові" навчальні центри, коледж.*

In the article told of foreign experience over of teaching is brought in ecological disciplines in the universities of the USA. Attention is accented on the features of teaching of ecology to 15 - 16 teenagers, based on world experience.

*Keywords: teaching of ecology, "field" educational focus, college.*

Колесникова Елизавета Борисовна – преподаватель экологии Луганского колледжа технологий и дизайна Луганского национального университета имени Тараса Шевченко. Конт. Тел. 066 327 03 12.

Рецензент: доц., к.т.н. Игнатов Олег Романович.

*Стаття подана  
28.10.2010*

## НОВЫЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ СПЛАВЫ – ОЧЕРЕДНОЙ ШАГ К ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАНЕТЫ

В статье сделан краткий обзор сведений о новых наноструктурированных сплавах и сталях. Показано, что одними из наиболее перспективных видов сталей являются высокоазотистые наноструктурированные стали. Подчеркнуто, что использование наноструктурированных сплавов и сталей является экологически более приемлемыми по сравнению с традиционными.

Ключевые слова: наноструктурированная сталь, высокоазотистая сталь.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Традиционно создание сплавов проходит долгий путь. Первоначально - это добыча и обогащение руды, переплавка в доменных печах (большая металлургия) и, наконец, – расплавление и легирование материала, доставленного в литейный цех (малая металлургия). Применение сплавов с заранее заданными свойствами, а также сплавов, которые обладают одновременно целым рядом свойств, позволит значительно улучшить различные экологические показатели. Например, использование коррозионно-стойких сталей, взамен обычных, для труб позволит продлить срок их эксплуатации. А значит, отпадет необходимость добывать определенное количество руды для обогащения и последующей переплавки в доменных печах, в связи с этим сократится количество энергии, необходимой для производства новых материалов, не нужно будет использовать кокс, воду, автомобильный и железнодорожный транспорт и т.д.

В 2008 году в мире было произведено 1 млрд 329,7 млн т. стали, что на 1,2 % меньше, чем в 2007 г. Это стало первым сокращением годового объема производства за последние 11 лет [1]. Для производства 1т стали расходуется 5т сырья и 2т топлива, для производства 1 т меди расходуется 100 т сырья и 3 т топлива. Металлургическое производство является энергоёмким, для производства 1т алюминия расходуется 20 тыс. кВт/ч. Металлургия - крупный загрязнитель природы, около 40% всех промышленных выбросов приходится именно на эту отрасль [2].

Сейчас известно несколько десятков тысяч сплавов, тем не менее материаловеды продолжают создавать новые сплавы. Появление нового класса наноструктурированных сплавов позволяет значительно расширить области применения этих сплавов. А переход к новым технологиям изготовления сплавов также является вкладом в экологическую безопасность планеты. Создание новых сплавов может происходить и с использованием компьютерного моделирования [3]. Это также позволит действовать целенаправленно и избежать многочисленных плавов. Так как из 119 химических элементов, открытых в данный момент (из них Международный химический союз официально признал 112 элементов), 98 относятся к металлам. Если бы возникла необходимость составить всевозможное число композиций сплавов со всеми известными металлами, то на планете Земля не хватило бы запасов ресурсов для осуществления этой задачи.

Недалек тот день, когда произойдет переход от “грязных видов производства” к созданию новых сплавов на атомарном уровне в современных лабораториях.

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сегодня растет внимание к потенциальным преимуществам нанотехнологий в современном машиностроении. Целый ряд компаний и научно-исследовательских институтов создают наноструктурированные стали и исследуют их свойства.

Наноструктурированные стали обладают повышенными физико-механическими свойствами. Прочность такой стали возрастает в 3 – 4 раза, а твердость – на порядок, при улучшении хладостойкости и многократном увеличении коррозионной стойкости [4].

**Целью работы** являлось сделать небольшой обзор сведений о наноструктурированных сплавах и сталях, показать влияние между наноструктурированным состоянием и свойствами материалов и в том числе подчеркнуть преимущества данных материалов как “экологически более перспективных” по сравнению с обычными сплавами и сталями.

Компания «ТЭК Техоснастка» (Москва) в промышленном масштабе приступила к выпуску посуды с антибактериальным эффектом. Этот эффект достигается путем внедрения в материал, из которого изготавливается посуда, наночастиц серебра, которые создают на поверхности пластика защитную самоочищающуюся пленку, подавляющую рост большинства вредных бактерий и грибов. Для этого используется специальная технология, разработанная на основе изучения свойств серебра, механизма взаимодействия его ионов с бактериальной микрофлорой.

Антибактериальный эффект достигается благодаря активным ионам серебра  $Ag^+$  в наноструктуре поверхности пластика, к которым бактерии не могут адаптироваться и погибают. Механизм действия  $Ag^+$  на микроорганизмы выглядит таким образом: активные ионы серебра  $Ag^+$  проникают через клеточную мембрану бактерии, и она теряет свою протеиназу. Также ионы серебра помогают разрушить ДНК бактерий и микроорганизмов, которые погибают, потеряв способность к делению и размножению [5]. Известно, что серебряная посуда обладает также антибактериальным эффектом и не исключено, что введение наночастиц серебра в новые металлические сплавы позволит с, одной стороны, также поддерживать антибактериальный эффект, а с другой - сократить количество расходуемого серебра.

### **Материалы и результаты исследований**

Изучение структуры материалов на наноуровне – очень перспективное направление материаловедения, металлургии и металлургии, так как позволяет понять связь между характеристиками материала и его строением, а также определить пути изменения его свойств. К сожалению, распространенным методом сканирующей электронной микроскопии редко можно получить изображение тех или иных связей в структуре зерна в нужном масштабе. Кроме того, для четкого представления о внутренних связях необходимо трехмерное изображение. Именно поэтому больше всего ученых впечатлил не сам сплав, а новейший метод проектирования и контроля результатов, который сулит огромные перспективы в создании уникальных материалов [6].

Сплав 7075 – самый прочный из всех алюминиевых сплавов (хим. состав: 87,1 – 91,4 % Al; 0,18 – 0,28 % Cr; 1,2 – 2 Cu; 0 – 0,5 Fe; 0 – 0,4 Si; 0 – 0,2 Ti; 5,1 – 6,1 Zn; 2,1 – 2,9 Mg; 0 – 0,3 Mn) и широко используется в аэрокосмической промышленности. Исследуя взаимосвязь между свойствами этого материала и его атомной структурой, ученые неожиданно обнаружили, что один из образцов обладает гораздо большей прочностью и пластичностью. При изучении микроструктуры сплава выяснилось, что неожиданный скачок характеристик сплава обусловлен тем, что во-первых, легирующие элементы расположились внутри зерен металла, что увеличивает плотность дислокации металла. Во-вторых, объединение элементов зерен в кластеры (группа взаимодействующих частиц – атомов) ограничивает рост нанокристаллов, повышает прочность зерен и уменьшает хрупкость и старение сплава. При исследовании использовали томографию с помощью атомного зонда, что является новой методикой. Наночастицы сплава в несколько десятков нанометров в диаметре поместили в раствор и наблюдали, как они взаимодействуют между собой, и какая именно форма граней частиц позволяет создавать максимально прочный материал [6].

Среди перспективных материалов можно выделить высокоазотистые стали. Введение азота позволяет получить стали со специальными свойствами, которые невозможно получить с другими элементами [7, 8]. Высокопрочную и коррозионноустойчивую аустенитную сталь применяют в машиностроении, атомной энергетике, химической про-

мышленности и т. д. [9]. Именно из этой стали применялись балки весом 19 – 22 тонны для строительства здания нового железнодорожного вокзала в Берлине.

В Российской Федерации разработкой высокоазотистых сталей активно занимается Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов (ЦНИИКМ) “Прометей”. Разработанная там ВАС НС-5Т превосходит западные аналоги “Авесту-254” и “Поларит-774” [10, 11].

В ЦНИИКМ “Прометей” разработано несколько ВАС, которые называются высокопрочными азотистыми аустенитными сталями с гарантированным уровнем свойств, обеспечиваемых формированием наноструктуры. Технология получения листового проката азотистых сталей основывается на термомеханической обработке, позволяющей формировать особое наноструктурное состояние, обеспечивающее необходимый комплекс эксплуатационных свойств. Новые стали предназначены для изготовления ответственных изделий, эксплуатирующихся в сильноагрессивных коррозионных средах; для немагнитных труб направленного бурения в нефтедобывающей промышленности; для немагнитных инструментов и имплантантов, вживляемых в человеческий организм; для немагнитных корпусов научно-исследовательских судов, исследующих магнитное поле земли. Эти ВАС обладают такими сочетанием характеристик: пределом текучести до 650 МПа; относительным удлинением не менее 30%, магнитной проницаемостью менее 1,01, высокой коррозионной стойкостью в хлоридных средах [12].

Российская государственная компания Рэлтек давно работает в области нанотехнологий, получения наноструктурированной стали в среднечастотных индукционных плавильных печах, которые позволяют точно регулировать температуру во всей массе металла и получать металл с заранее заданными свойствами. В турбоиндукционно-плавильных агрегатах вместимостью 5–10 тонн осуществляется активное перемешивание металла и его вращение вокруг оси, что обеспечивает активное взаимодействие шлака и расплава металла в турбулентном под шлаком слое. В результате жидкий металл, интенсивно перемешиваясь, насыщается азотом до требуемой концентрации, обеспечивая активный процесс образования наночастиц и мелкокристаллических фаз, присутствующих в расплаве компонентов – алюминия, титана, ванадия, марганца и др. Агрегаты обеспечивают высокоэффективную плавку не только с точки зрения качества металла, но и с точки зрения сбережения электроэнергии (расход – на 30% меньше). Среднечастотной технологии всего 20 лет, это самый современный способ электроплавки. Если в электродуговой печи плавка идет за счет дуги (и вблизи дуги температура металла может достигать 3 тыс. градусов, при том, что у стенки печи металл может быть холодным), то в индукционных печах нового поколения – за счет вихревых токов в толще металла: идет прямой, а не косвенный нагрев металла [13].

Японские исследователи [14, 15] предложили новый метод термомеханической обработки, который авторы назвали температурной формовкой или темпформингом (“tempforming”). В качестве модельного сплава использовалась низколегированная сталь, содержащая 0.4% С, 2% Si, 1% Cr, and 1% Mo. Формовка образцов производилась с эквивалентной деформацией порядка 1,7 после отпуска стали при 500°C. Последующие механические испытания нового материала показали отличные результаты, по сравнению со сталью, закаленной обычным образом и отпущенной при 500°C. В частности, значение ударной прочности по Шарпи для образцов после температурной формовки (TR-образец) составляет 226 Дж, что почти в 16 раз больше, чем в аналогичном испытании с обычной сталью. Для TR-образцов наблюдается максимум в интервале температур от -60°C до -20°C, при дальнейшем повышении температуры ударная прочность уменьшается. Подобное поведение объясняется микроструктурой стали (рис. 1). После темпформинга происходит удлинение зерен вдоль  $\langle 110 \rangle$  кристаллографического направления, которое совпадает с направлением прокатки. Средний поперечный размер зерен металла составлял порядка 260 нм, размер сферических карбидных частиц, диспергированных в железной матрице, не более 50 нм.

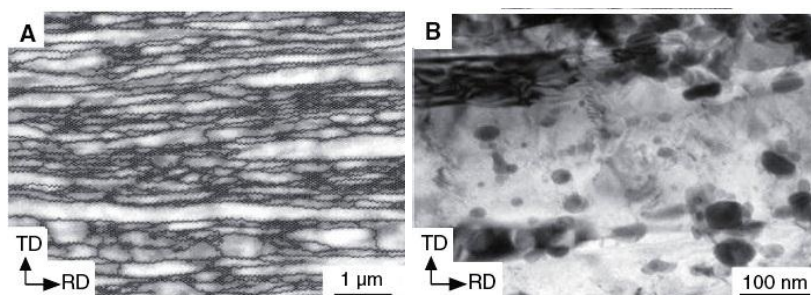


Рис. 1. Микроструктура образцов после температурной формовки при 500 °С: (А) - изображение получено методом дифракции отраженных электронов (EBSD), угол разориентировки между зернами составляет меньше 5°. RD – направление прокатки. (В) - микрофотография (ПЭМ) показывает распределение наноразмерных карбидов в металлической матрице [14, 15]

Одним из способов создания наноструктуры в реальных изделиях является высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО), которая заключается в последовательном выполнении операции горячей деформации и последующей закалке. В зависимости от режимов обработки (температура деформации, ее степень и скорость, схема охлаждения) может быть получена различная структура – от наноразмерной субструктуры с малоугловыми границами в виде дислокационных построений до рекристаллизационной зерновой структуры с большеугловыми границами. Образование полигональной субструктуры с наноразмерами происходит при относительно небольших степенях горячей деформации вблизи пика на диаграмме горячего деформирования. Деформация должна сочетаться с последеформационной выдержкой перед началом охлаждения [16].

Одним из эффективных способов повышения эксплуатационных свойств сталей является формирование в них нанокристаллических структур (НК) методами интенсивной пластической деформации (ИПД). ИПД путем холодной прокатки формирует в исследуемой стали мелкозернистую структуру  $\alpha$  – мартенсита с размером зерна 9 ... 10 нм. После закалки с 1000 °С структура стали двухфазная;  $\alpha$  – мартенсит и  $\gamma_{\text{ост}}$ . Количество  $\gamma_{\text{ост}}$  составляет ~30 % и это в 3 раза выше, чем в горячекатаной стали после аналогичной закалки [17].

Учитывая, что для получения требуемых эксплуатационных характеристик конструкционные стали претерпевают несколько этапов термообработки (закалку, отпуск), субструктуру удается наблюдать только в конечном состоянии. Субструктура аустенита, сформировавшегося при горячей деформации, наследуется мартенситом, влияя на его дисперсность и морфологию, и оказывает влияние на процессы отпуска, дисперсность карбидов и субструктуру ферритной матрицы. Субструктура ферритной матрицы имеет размеры элементов в пределах 20 – 100 нм при среднем размере 30 – 40 нм. Размеры карбидов 7 – 10 нм, значительно меньше, чем при обычной закалке даже при ВТМО, выполняемой с большими степенями деформации [16].

Присутствие мелкодисперсных частичек (размером до 10 нм) карбидов, которые препятствуют движению дислокаций, а также способствуют их размножению, в конечном итоге приводит к повышению прочности стали. Например, в закаленных аустенитных сталях с 1% ниобия (12Х18Н10Б) или из 1% титана (12Х18Н10Т) при высокотемпературной (~700 °С) выдержке на дефектах упаковки выделяются когерентно связанные с матрицей кубические карбиды NbC и TiC [18].

Интерес представляют интеллектуальные аустенитные стали с управляемым эффектом памяти формы (ЭПФ) в результате формирования нанокарбидов VC различной формы и размеров. Предложенные интеллектуальные стали (патент РФ № 2270267) отличаются от известных высокой прочностью, пластичностью, технологичностью производства, существенно меньшим содержанием марганца и кремния, возможностью регу-

лирования величины эффекта памяти формы и могут выпускаться в массовых количествах. Проведена выплавка предложенной ЭПФ-стали на заводах Урала и получен листовой прокат шириной 1000 мм. Изготовлены оболочки нагреваемых цилиндрических снарядов для герметизации дефектных обсадных труб в нефтяных скважинах [19].

Получение наноструктурированного аустенита в коррозионно-стойких сталях способствует созданию конструкционного материала, который отличается повышенной коррозионной стойкостью в условиях высоких механических напряжений и при макро- и микроструктурных неоднородностях [9].

### Выводы

1. Использование новых наноструктурированных сплавов и сталей может внести существенный вклад в улучшение экологической обстановки окружающей среды за счет применения сплавов, обладающих одновременно целым комплексом свойств. Например, обладанием антибактериальными свойствами за счет введения наночастичек серебра.

2. Наноструктурированные стали обладают повышенными физико-механическими свойствами. Прочность такой стали возрастает в 3 – 4 раза, а твердость – на порядок, при улучшении хладостойкости и многократном увеличении коррозионной стойкости. Таким образом, имея ту же массу детали или конструкции, возможно значительно увеличить несущую способность объекта.

3. В перспективе производство наноструктурированных сталей позволит перейти на новый уровень технологий, что также должно существенно снизить загрязнение окружающей среды.

### Литература

1. Сталь [Электронный ресурс]. Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>.
2. Металлургический комплекс России [Электронный ресурс]. Википедия. Свободная энциклопедия. Режим доступа: [http://geo.metodist.ru/geo-89/metall\\_rus\\_2.ppt](http://geo.metodist.ru/geo-89/metall_rus_2.ppt).
3. Нургаянова О.С. Автоматизированное проектирование жаропрочных никелевых сплавов на основе методов искусственного интеллекта: дис. канд. техн. наук: 05.13.12 / Нургаянова Ольга Сергеевна; Уфимский государственный авиационный технический университет. – Уфа., 2006. – 152 с.
4. Колесников В.А. Новые наноструктурированные высокоазотистые марганцевые стали // Мир Техники и Технологий, 2010. - № 6 -7. – С. 31 – 33.
5. “Техоснастка” выводит на рынок нанопосуду с ионами серебра. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://researchworker.ucoz.ru/news/tekhosnastka\\_vyvodit\\_na\\_rynok\\_nanoposudu\\_s\\_ionami\\_serebra/2010-09-20-1632](http://researchworker.ucoz.ru/news/tekhosnastka_vyvodit_na_rynok_nanoposudu_s_ionami_serebra/2010-09-20-1632).
6. Новый метод создания суперпрочных сплавов [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://researchworker.ucoz.ru/news/novyj\\_metod\\_sozdaniya\\_superprochnykh\\_splavov/2010-09-10-1558](http://researchworker.ucoz.ru/news/novyj_metod_sozdaniya_superprochnykh_splavov/2010-09-10-1558).
7. [Balyts'kyi](http://www.springerlink.com/content/j317756rm17p4226/fulltext.pdf) O. I. Tribotechnical properties of austenitic manganese steels and cast-irons under sliding friction conditions [Text] / O.I. Balytskyi, V.O. Kolesnikov, P. Kaviak // Materials Science. – vol.41. – № 5.-2005. – p. 624 – 630. <http://www.springerlink.com/content/j317756rm17p4226/fulltext.pdf>.
8. Fracture mechanics and strength of materials: Reference book / Editor-in-chief V.V. Panasyuk. V.8. Strength of materials and durability of structural elements of nuclear power plants/ A.I. Balitskii, O.V. Machnenko, O.A. Balitskii, V.A. Grabovskii, D.M. Zaverbnii, B.T. Timofeev. Editor A.I. Balitskii – Kyiv: PH “Akadempriodyka”, 2005. – 544p.
9. Наноструктурированная аустенитная сталь с высокой стойкостью к питтингу и коррозионному растрескиванию [Электронный ресурс] / Е. Х. Шахпазов [и др.] Режим доступа: [http://rusnanotech09.rusnanoforum.ru/Public/LargeDocs/theses/rus/poster/08/Novichkova\\_O.V.pdf](http://rusnanotech09.rusnanoforum.ru/Public/LargeDocs/theses/rus/poster/08/Novichkova_O.V.pdf).
10. Российские нанотехнологии. ТОМ 2 №3 – 4 2007 | Акад. Горынин И.В. Исследования и разработки ФГУП ЦНИИ КМ "Прометей" в области конструкционных наноматериалов [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://nano.crisp-prometey.ru/nano-structure.pdf>.



11. Больше азотистой стали стране [Электронный ресурс] / И. Имамудинов Режим доступа: <http://www.expert.ru/printissues/expert/2002/05/05ex-news2/>.
12. Наука и инновации в регионах России [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://regions.extech.ru/innov\\_ap/firma.php?id=78&deffirm=492](http://regions.extech.ru/innov_ap/firma.php?id=78&deffirm=492).
13. Военные нанотехнологии. Возможности применения и превентивного контроля вооружений, М: Техносфера, 2006.
14. Inverse Temperature Dependence of Toughness in an Ultrafine Grain-Structure Steel. Yuuji Kimura, Tadanobu Inoue, Fuxing Yin, Kaneaki Tsuzaki. Vol. 320. no. 5879, pp. 1057 – 1060. Science 23 May 2008.
15. Сверхпрочная наноструктурированная сталь. Нанометр. Новые материалы. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.nanometer.ru/2008/09/17/new\\_materials\\_53969.html](http://www.nanometer.ru/2008/09/17/new_materials_53969.html).
16. Шаврин О.И. Наноструктура в реальных металлах и их прочность. От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к nanoиндустрии II Всероссийская конференция с международным интернет-участием 8-10 апреля 2009 года. Ижевск С. 131 - 132.
17. Т.М. Махнева Фазовые превращения в низкоуглеродистой легированной стали с нанокристаллической структурой при нагреве. // От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к nanoиндустрии II Всероссийская конференция с международным интернет-участием 8-10 апреля 2009 года. Ижевск С. 79.
18. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов, 2001. – 640 с.
19. Важнейшие результаты научных исследований за 2007 год. Физико-технические науки. <http://www.uran.ru/resultats/presid/2007/phts/phts2007.htm>.

У статті зроблено короткий огляд відомостей про нові наноструктуровані сплави та сталі. Показано, що одними з найбільш перспективних видів сталей є високоазотні наноструктуровані сталі. Підкреслено, що використання наноструктурованих сплавів і сталей є екологічно прийнятнішими у порівнянні з традиційними.

*Ключові слова: наноструктурована сталь, високоазотиста сталь.*

In the article the brief review of information is done about the new nanostructure alloys and steels. It is shown that one of the most perspective types of steels - there are high-nitrogen became nanostructure steel. Nanostructure alloys and steels, is ecologically more acceptable as compared to traditional.

*Keywords: the nanostructure steel, high-nitrogen steel.*

Колесников Валерий Александрович – к.т.н., зав. каф. инженерных дисциплин Краснодарского факультета Инженерии и Менеджмента ВГУ им. В. Даля., кон. Тел. 066 327 03 12.

Балицкий Александр Иванович - проф., д.т.н., зав. отделом водородной стойкости материалов, Физико-механического института им. Г.В. Карпенко НАН Украины (г. Львов).

Рецензент: доц. канд. тех. наук Игнатов Олег Романович.  
Проф., д.т.н. Кожемякин Геннадий Николаевич.

*Стаття подана  
28.10.2010*

**Шпанковский И.В., Яковлева Н.О., Грубіч Т.В.**

Луганськ

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АУДИТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УКРАИНЫ**

Проведен анализ основных характеристик внутреннего и внешнего экологического аудита. Определена необходимость внедрения экологического аудита на предприятии. Рис. 1, табл. 1, ист. 9.

*Экологический аудит, окружающая среда, экологическая безопасность, предприятие, рациональное природопользование*

### **Постановка проблемы**

Охрана окружающей среды, сохранение и рациональное использование природных ресурсов, экологический контроль приобретают все большее значение и приоритетность во внешней и внутренней политике большинства государств мира, в том числе и Украины. Это связано с тем, что активизация жизнедеятельности человеческого общества, стремительное развитие науки и современных технологий, их использование, потребление природных запасов, а в некоторых случаях и бесхозяйственность руководства отдельных предприятий, приводят к ухудшению экологической ситуации в стране в целом или к техногенным авариям и катастрофам локального характера. В этой связи, следуя концепции устойчивого развития и в целях обеспечения экологической безопасности, возникает необходимость в системе определенных мер и механизмов, направленных на охрану окружающей среды, контроль состояния и улучшения экологической ситуации, прогнозирование и предупреждение на ранних стадиях потенциально опасных в экологическом смысле процессов на предприятии. Как показывает мировой опыт, эффективное регулирование и совершенствование механизмов взаимодействия структурных элементов предприятия или промышленного объекта, может быть достигнуто посредством эколого-экономических механизмов экологического аудита.

### **Анализ исследований и публикаций**

Исследованиям в сфере экологического аудита посвящено множество отечественных и зарубежных трудов. Так, например, В.Я. Шевчук занимался разработкой принципов осуществления экологического аудита в Украине [8]; Л.Г. Мельник и М.К. Шапочка более детально исследовали функции экологического аудита и его соотношение с экологическим менеджментом [4]; А.А. Садков рассматривал проблемы экологически направленного управления предприятием [6]; И.А. Александров, А.В. Половяный, Н.С. Краковская уделяли внимание институциональным проблемам обеспечения экологического равновесия [2]. В то же время, несмотря на значительное внимание вопросам экологического аудита, до сих пор остаются нерешенными ряд проблем, в том числе и определение его направлений и необходимости внедрения для каждого конкретного предприятия.

### **Цель статьи**

Исследование и анализ основных характеристик экологического аудита и необходимости его внедрения на предприятиях Украины.

## Результаты исследований

В современных условиях развития экономики важную роль в системе управления занимает экономический механизм экологического регулирования, который представляет собой сложную многоуровневую систему отношений субъектов хозяйствования между собой и с вышестоящими органами. Связующим рычагом этих отношений должен стать экологический аудит – инструмент, включающий в себя организационно-экономические факторы защиты окружающей среды. Он позволяет выбрать оптимальный вариант природоохранных сооружений, организовать информационно-аналитический контроль за состоянием и степенью эксплуатации природоохранной техники, дать экономическую оценку намечаемых технических и технологических усовершенствований.

Экологический аудит – это систематический документально оформленный процесс проверки экологических аспектов деятельности предприятия, а также объективно получаемых и оцениваемых данных, с целью определения соответствия видов и условий экономической деятельности, систем административного управления или информации об этих объектах нормативно-законодательным требованиям и критериям эффективности в области охраны окружающей среды и экологической безопасности [1].

Можно выделить два основных направления понимания сути экологического аудита:

- 1) вид экологического контроля (внутренний);
- 2) правовой механизм обеспечения безопасности в экологической сфере (внешний).

Внутренний экологический аудит объекта проводится по заявке его собственника или органа уполномоченного управлению им для собственных нужд [1]. Внутренний экологический аудит осуществляется специальным внутренним подразделом предприятия и его задачами являются проверка системы обеспечения экологической безопасности, разработка мероприятий по уменьшению экологического риска, а также он становится одним из основных инструментов повышения эффективности управления природопользованием.

Внешний экологический аудит проводится по заявке других заинтересованных субъектов [1]. Главной задачей внешнего независимого экологического аудита является подтверждение правильности учета, отчетности, оценка соответствия внутреннего экологического аудита политической миссии, т.е. основной (глобальной) цели деятельности предприятия, получение объективной информации. В дальнейшем за результаты экологического аудита ответственность переносится на аудиторскую фирму.

Таким образом, внутренний и внешний экологический аудит выполняют разные правовые функции при сохранении общей направленности на защиту окружающей среды. Основные характеристики внутреннего и внешнего экологического аудита представлены в таблице 1.

Из таблицы видно, что потребность во внешнем экологическом аудите не исключает необходимость во внутреннем аудите. Это объясняется ценой проведения экологического аудита и перераспределением ответственности за экологическую безопасность.

В Украине необходимо применять экологический аудит на различных предприятиях. Каждое предприятие, в зависимости от своих целей, может самостоятельно проводить экологический аудит необходимого направления. Существует несколько направлений экологического аудита: производственный, финансовой деятельности и на соответствие действующему законодательству и установленным нормативам (рис. 1).

Производственный экоаудит состоит из двух основных критериев: производительность и эффективность природоохранного оборудования и определяется следующими факторами:

- анализ динамики изменения состояния окружающей среды за последние несколько лет;
- сравнение с другими предприятиями или с предприятием-эталонном по экологическим параметрам;

выявление всех источников загрязнений и их обеспеченности очистным оборудованием, оценка прогрессивности применяемых методов очистки, изучение и оценка структуры состава и технического состояния основных природоохранных фондов. Оценка состояния технологического оборудования и природоохранных сооружений, система хранения материалов и захоронения отходов, соблюдение предельно допустимых выбросов и сбросов.

Т а б л и ц а 1

Основные характеристики внутреннего и внешнего экологического аудита

Характеристики	Экологический аудит	
	внутренний	внешний
Цель	обоснование присутствия экологической опасности/безопасности	анализ и доказательство соблюдения экологического законодательства, нормативов и стандартов
Периодичность экологического аудита	постоянный контакт с технологическими и экономическими службами	единовременный
Пользователь аудиторских услуг	соблюдаются интересы менеджмента	соблюдаются интересы клиентов предприятия
Субъект экологического аудита	коллектив предприятия	независимые экологические аудиторские фирмы, специализированные центры
Регламент	международные стандарты аудита, внутренняя документация предприятия	аудит систем управления окружающей средой и др.
Результаты и направления их использования	аудиторский отчет с результатами проведенного исследования, рекомендациями по повышению эффективности природопользования	аудиторский вывод, используемый для получения достоверной информации
Форма отчета	определяется непосредственно службой внутреннего экологического аудита по согласованию с руководством	определяется в зависимости от вида услуг
Обхват сферы деятельности предприятия	текущее консультирование по вопросам управления охраной окружающей средой и экологической политики	корректировка экономических, экологических, социальных, научно-технических тенденций

Экоаудит финансовой деятельности осуществляется с целью проверки правильности использования средств, направленных на природоохранные мероприятия, проверки бухгалтерской (финансовой) отчетности, платежно-расчетной документации по платежам и отчислениям за загрязнение окружающей природной среды, за природопользование, за аварийное загрязнение окружающей природной среды.



Рис. 1. Направления экологического аудита предприятий [7]

Экоаудит на соответствие представляет собой исследования на соответствие объекта требованиям законодательных и нормативных актов по обеспечению промышленной, технической, технологической, радиационной, пожарной и т.д. безопасности предприятия, направленных на уменьшение негативного воздействия на окружающую природную среду [3].

Проведение экологического аудита различных направлений позволяет охватить все области деятельности предприятия при определении их воздействия на окружающую среду.

На основании проведенного исследования и анализа работ других исследователей [2, 3, 4, 5] можно отметить такие задачи, которые могут быть решены предприятием вследствие внедрения экологического аудита:

1. Определение приоритетов при планировании природоохранной деятельности;
2. Эффективное решение вопросов льготного налогообложения при внедрении ресурсосберегающих технологий;
3. Снижение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с загрязнением окружающей среды;
4. Минимизация сложности получения кредита на развитие предприятия;
5. Сертификация предприятия по международным экологическим стандартам и стандартам качества;
6. Оптимизация условий экологического страхования и др.

В настоящее время во многих странах приняты национальные стандарты и специальные законодательные акты в области экологического аудита.

Зарубежный опыт показывает, что при помощи экологических фирм многие предприятия решили проблемы утилизации, превратив отходы в сырье для других отраслей, нашли более эффективные методы их очистки и переработки. Ежегодно в мире такие фирмы оказывают услуги на 200-230 млрд. долл., причем этот показатель имеет устойчивую тенденцию к росту (на 4-15% ежегодно в зависимости от видов предоставляемых услуг) [9].

Таким образом, внедрение экологического аудита в нашей стране – это необходимый шаг для интеграции национальных и международных интересов на современном этапе социально-экономических отношений.

## Выводы

Вышеизложенный материал свидетельствует о том, что необходимость внедрения экологического аудита в Украине может обуславливаться социально-экологическими причинами и потребностями сопутствующими интеграции Украины в международные экономические структуры.

Целесообразность внедрения механизмов экологического аудита на предприятиях, обуславливается снижением риска, связанного с их экологической безопасностью, повышением эффективности работы предприятий в области охраны окружающей среды, рациональным природопользованием. Кроме того, внедрение экологического аудита является дополнительной возможностью для предприятий повысить конкурентоспособность своей продукции как на внутреннем, так и на внешнем рынках.

## Литература

1. Закон Украины “Об экологическом аудите” от 24.06.2004 г. № 1862-IV// Ведомости Верховной Рады.- 2004.- N 36.
2. Александров И.А., Половян А.В., Красовская Н.С. Институциональная составляющая механизма экономико-экологической безопасности хозяйственных систем//Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: економічна. Випуск 103-1. - Донецьк: ДонНТУ, 2006. - С. 123-130.
3. Бобра Т.В. Экологический аудит. Учебное пособие. - Симферополь: Таврия-Плюс, 2004. - 100 с.
4. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням: Підручник / За заг. ред. д.е.н., проф., Л.Г. Мельника та к.е.н., проф. М.К. Шапочки.- Суми: ВТД «Університетська книга», 2005.- 759 с.
5. Петрик Е. Экологический аудит в Украине: проблемы методики и организации//Бухгалтерский учет и аудит.-2004.-№8.-с.51-56
6. Садков А.А. Механизмы эколого-экономического управления предприятием. – Донецк: ДонГУЭТ им. М. Туган-Барановского, 2002 – 311 с.
7. Хвесик М.А., Горбач Л.М., Кулаковський Ю.П. Економікоправове регулювання природокористування: Монографія. – К.: Кондор, 2004. – 524с.
8. Шевчук В.Я., Саталкін Ю.М., Навроцький В.М. Екологічний аудит: Підручник. — К.: Вища школа, 2000, — 344 с.: іл.
9. [www.imf.org](http://www.imf.org)

Проведено аналіз основних характеристик внутрішнього і зовнішнього екологічного аудиту. Визначено необхідність впровадження екологічного аудиту на підприємстві. Рис. 1, табл. 1, дж. 9.

*Екологічний аудит, навколишнє середовище, екологічна безпека, підприємство, раціональне природокористування*

The analysis of the basic characteristics of internal and external ecological audit is carried out. Necessity of introduction of ecological audit at the enterprise is defined. Figure 1, table 1, source 9.

*Ecological audit, environment, ecological*

- Грубич Т.В. – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, старший викладач кафедри „Екологія”.
- Шпанковський І.В. – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра „Економіка підприємства”, студент гр. ЕК-171.
- Яковлева Н.О. – Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, кафедра „Економіка підприємства”, студент гр. ЕК-171.
- Рецензент: Родіонов О.В., проф., д.економ.н.

*Стаття подана  
18.09.2010*

## **ON ROAD EMISSION TESTS WITH THE USE OF A PORTABLE ANALYZER**

In order to measure the concentration of exhaust emissions a mobile emission testing analyzer SEMTECH DS by SENSORS Inc was used. In the study the results of the vehicle emission tests in the road conditions were presented, as this was the only way to obtain the information on real vehicle emissions. They include information on the emissivity of the vehicles in operation and deal with the real conditions of the vehicle in motion. Reliable measurement results were obtained which were verified in simulated conditions on a chassis test bed. The obtained data were used to specify the dependence characteristics for the influence of the dynamic engine properties on the exhaust emissions. The dynamic engine properties were indirectly taken into account using all the speed range and the range of acceleration calculated for the city traffic in order to prepare a matrix of the emission intensity. The data used were averaged within each speed and acceleration range, which generated characteristics of engine operation in each range and a characteristics of the emission matrices of each individual exhaust emission.

*Key words: concentration of exhaust emissions, NEDS test, on-board diagnostic system, information from the GPS, a matrix of the emission intensity, gasoline and diesel engines, exhaust components (CO, HC, NOx, CO2 )*

### **1. INTRODUCTION**

At present a clear trend is visible related to dealing with environmental threats from the automotive industry. Regulations allowing vehicles to operate (homologation tests and production conformity tests), periodical check-ups of vehicle technical condition and other legal regulations which pertain directly and indirectly to the production, operation and disposal of used-up civilization products, treat environmental issues in a comprehensive way. Over the years individual countries have had different systems of tests and control of the exhaust emission from vehicle engines. For some time now, however, there has been an advanced process of unification going on in this matter [2, 3]. Environmentally harmful substances are also controlled worldwide by carrying out the balancing of the global emission from different civilization activities such as the automotive industry and other, non-automotive sources (non-automotive engine applications). In Europe the balancing of emissions of environmentally harmful substances is coordinated within the program under the name of CORINAIR – the EU emission inventory program.

A growing number of cars worldwide and environment pollution leads to increased requirements in terms of the exhaust emission. The present level of technical and technological advancement in all fields of industry, and also in all kinds of transportation, leads to increased requirements for production of tools for the measurement of the exhaust emissions. In order to meet the requirements of the ever-changing regulations it was necessary to draw the attention of the industry to this matter. Testing exhaust emissions is a complex process. Contemporary analyzers for the emission measurement require special laboratory conditions and the homologation procedures include tests on engine test beds and chassis dynamometers which do not entirely reflect the emissions in real vehicle operating conditions. The latest results of tests carried out in real conditions show that for some toxic components their actual emission is up to several hundred per cent higher than in the laboratory conditions [1, 5, 8–10].

## 2. Test methods

The purpose of the tests was to measure the vehicle level of emissions from a combustion engine fueled with different fuels (Gasoline, Diesel and CNG meeting the Euro 4 standard) in real operating conditions and at the same time the tests were an attempt to create an on-board exhaust emission measurement system. The determining of the emissions in the road conditions and comparing it to values obtained on a chassis dynamometer in the homologation test allowed to define the emissivity factor. The defined factor was used to answer the question: are the emissions in road conditions comparable with the emissions in homologation tests? It was, at the same time, a verification of the driving conditions in homologation tests (developed decades ago) and real conditions of vehicle in motion.

The emissivity measurements in road conditions were carried out in city traffic conditions in the city of Poznan (Fig. 1). The tests were carried out on the main streets of the city around noon, in moderate traffic. The conditions were selected so that they could be compared to the results of the NEDC test (Fig. 2) – in relation to which the emissivity factors were introduced. The specified driving route featured parameters similar to the diversified parameters in terms of the elevation above the sea level with a maximum difference of 25.2 m. The tests involved the NEDC cycle in terms of driving distance and time as well as average speed value (Tab. 1). The test included three vehicles fueled with Gasoline, Diesel and CNG respectively. Table 1 shows the average values for the repeated drives. The differences in the values in the subsequent trials did not exceed 5% from the average value. The tests involved a measurement of the concentration of the exhaust emissions (CO, HC, NO<sub>x</sub> for each vehicle), and then defining the road emissions with the use of data obtained from the GPS and the on-board diagnostic system. The objects of the tests were vehicles (Fig. 3) whose engines complied with the Euro 4 standard. The characteristics of the vehicles have been shown in Table 2. Despite different vehicle curb weights and engine capacities what the selected vehicles had in common was that they had to meet the emission limits pertaining to their vehicle category [12].

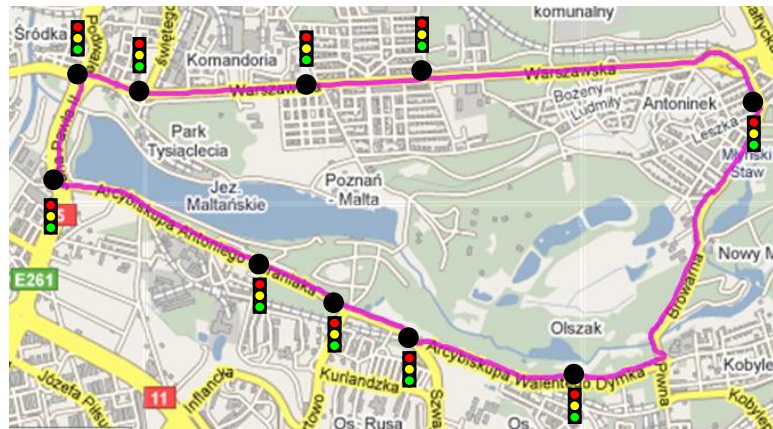


Fig. 1. The route marked was used to test vehicle emissivity (Poznan, Poland)



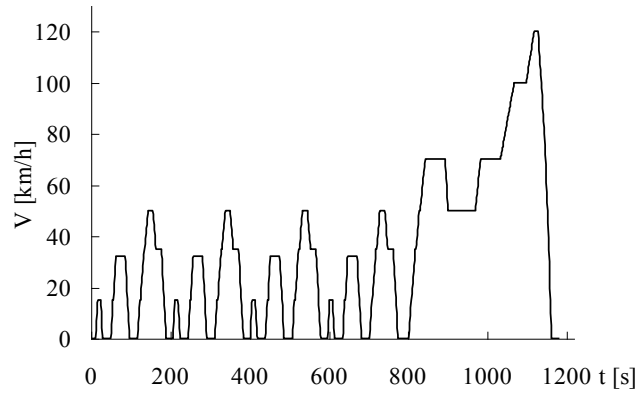


Fig. 2. European homologation test NEDC for passenger cars [4]

Table 1.

Characteristics of the test (Gasoline, Diesel, CNG) and comparison with the NEDC test

Test parameter	Gasoline	Diesel	CNG	NEDC
Total duration [s]	1175	1110	1183	1180
Max speed [km/h]	108	105	110	120
Average speed [km/h]	36.8	34.2	32.8	33.6
Length [m]	11,980	11,780	11,734	11,007

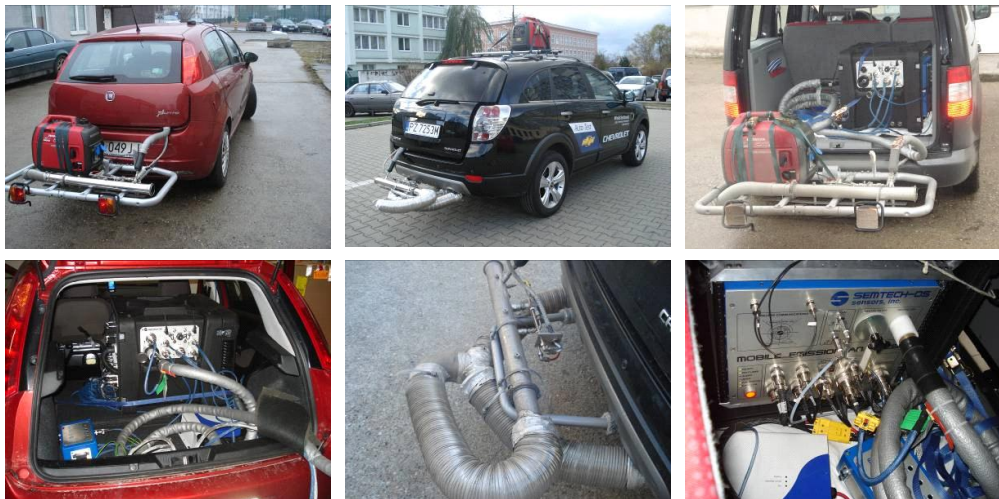


Fig. 3. The view of SEMTECH DS analyzer mounted in the vehicles during the tests

Table 2.

Vehicle specifications (Euro 4)

Vehicle	Gasoline	Diesel	CNG
Engine capacity [dm <sup>3</sup> ]	1.4	2.0	2.0
Power output [kW@rpm]	57@6000	110@4000	80@5400
Torque [N·m@rpm]	115@3000	320@2000	160@3500
Vehicle curb weight [kg]	1030	1770	1550
Aftertreatment	TWC	DOC, PDF	TWC
On-Board Diagnostic System	EOBD – CAN 2.0/d	EOBD – CAN 2.0/b	EOBD – ISO 9141-1

To measure the concentration of the exhaust emissions a mobile analyzer for emission tests SEMTECH DS by SENSORS was used [4, 6, 7]. The analyzer measured the concentration of individual exhaust components (CO, HC, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>) and, at the same time, the mass flow rate of the exhaust. The exhaust gases introduced to the analyzer by means of a measuring probe maintaining the temperature of 191°C (Fig. 4) are filtered from solid particles (Diesel engines) and the measurement of the hydrocarbons concentration takes place in a flame-ionization analyzer. Then, the exhaust gas is cooled down to 4°C and a subsequent measurement takes place of nitrogen oxides (with non-dispersive method using UV radiation which enables simultaneous measurement of nitric oxide and nitrogen dioxide), carbon monoxide and carbon dioxide (non-dispersive method using infrared) and oxygen (electrochemical analyzer). The data directly sent from the diagnostic system and GPS can be transferred to the central processing unit. For the purpose of comparison, in the tests the values of the emissions were used along with the data from the on-board diagnostic system such as engine speed, engine load, vehicle speed and intake air temperature. Some of these signals served to define the time density maps of a vehicle in operation in real operating conditions. The GPS was used for further visualization of the obtained data.

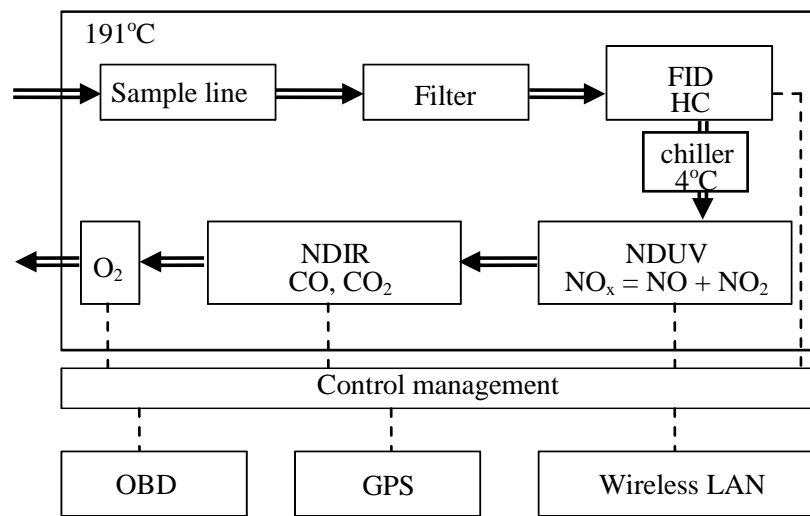


Fig. 4. A diagram of a mobile analyzer SEMTECH DS; exhaust gas flow channels (===) and electrical connections circled (---)

### 3. Test results

The recorded values of the exhaust emissions concentration (CO, HC, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>) were presented comparatively for a car fueled with Gasoline, Diesel and CNG. Such an interpretation is a better reflection of the differences in the concentration of particular components. It also provides an insight into real vehicle operating conditions for the observed concentration. At the same time, the engine operating conditions are seen clearly, which should be subject to a stricter evaluation in terms of the emissions and which should attract investigative efforts in order to reduce the adverse effects of the vehicle drivetrains on the environment. Figure 5a shows a comparison for carbon monoxide: it is significant for a Diesel engine throughout the recorded mileage. No significant CO concentration was observed for other fuels.

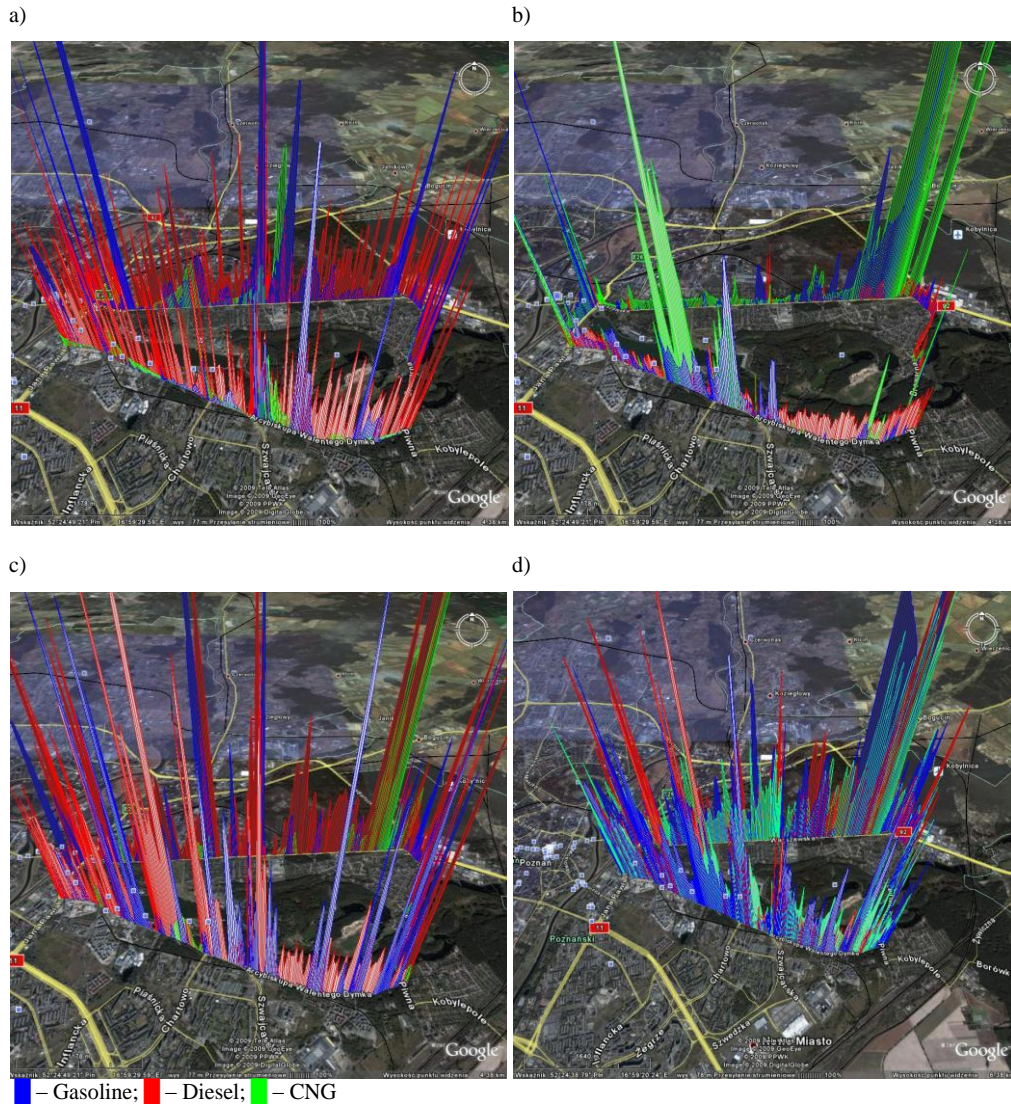


Fig. 5. Concentration of exhaust emissions measured in road tests: a) carbon monoxide, b) hydrocarbons, c) nitrogen oxides, d) carbon dioxide (the same scale is applied for each compound, carbon dioxide is shown as emission intensity)

#### 4. test results Analysis

The obtained data was used to work out the dependencies describing the influence of engine dynamic properties on the exhaust emissions. The engine dynamic properties were incorporated indirectly using the distribution of the whole speed range and the range of the accelerations in the city traffic to prepare a matrix of the emission intensity. The used data were averaged for each speed and acceleration coordinate to obtain the characteristics of the engine operation share for each coordinate and the matrix characteristics of each exhaust component. The greatest engine operation share falls within the idle run, average speeds (10-20 m/s) and zero acceleration of the vehicle (Fig. 6). The obtained results for the vehicle driving time in the conditions specified by its speed acceleration and the exhaust emission rate were verified in the European homologation test (NEDC). Then, the comparison was made serving to define the value of the vehicle emissivity in real vehicle operating conditions in relation to the vehicle conditions in the homologation test. In the comparison of the driving time-share within the vehicle speed and acceleration in the road and homologation tests, a similarity

between the two obtained characteristics can be observed (Fig. 6). Conformity of the compared characteristics is maintained in terms of the distribution of the vehicle driving time. The NEDC features a greater vehicle driving share at minimum speed and zero acceleration. In the case of real operating conditions the area of applied speeds and accelerations is larger. The maximum rates of carbon monoxide emission (Fig. 7), expressed in milligrams per second, are distributed throughout the speeds of the vehicle within the range  $-0.2$  to  $1 \text{ m/s}^2$ . These values are correlated with the vehicle acceleration: the greater the acceleration the higher the carbon monoxide emission. It is unlike the emission of hydrocarbons: for the vehicle fitted with a gasoline engine a significant emission of HC occurs at maximum velocities and accelerations of the vehicle, in other areas it is miniscule. For the vehicle fitted with a diesel engine an increased HC emission occurs at low speeds and acceleration values within  $-0.6$  to  $1 \text{ m/s}^2$ . It should be observed, however, that it is 50-70% lower than for the gasoline engine. For the CNG-fueled vehicle the HC emission occurs at coordinates of the vehicle operation similar to the gasoline engine, but it is lower by about 50%.

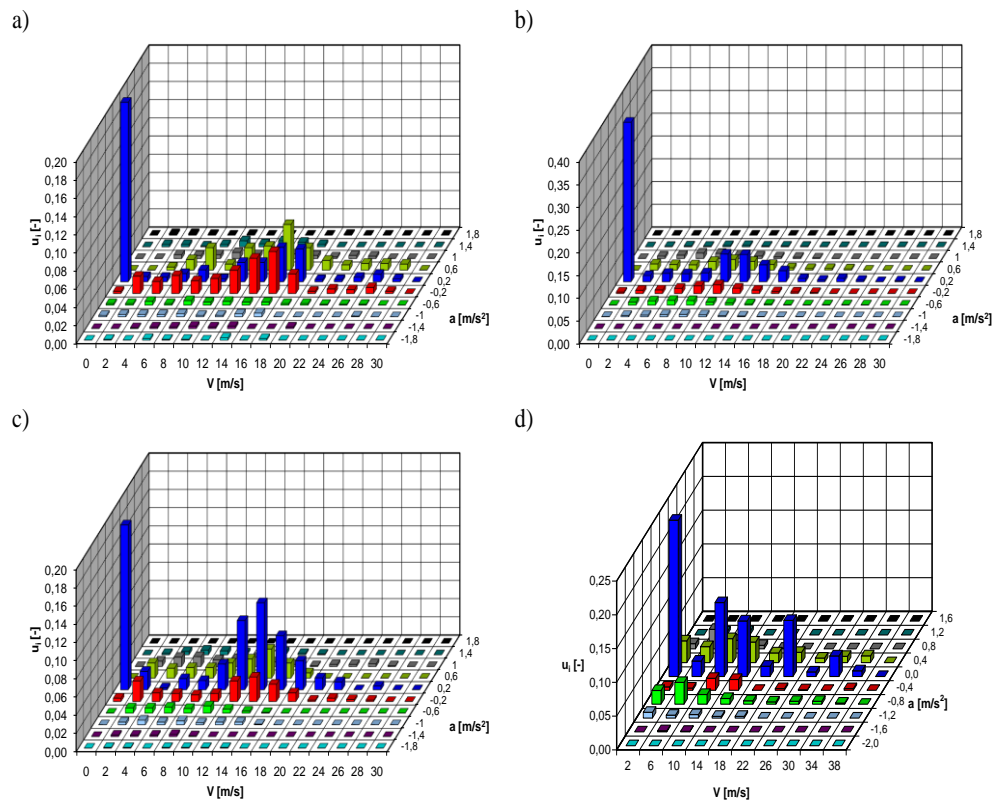
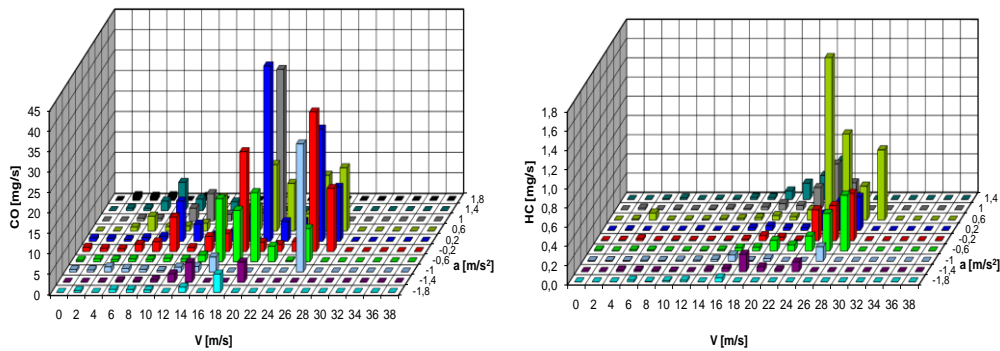


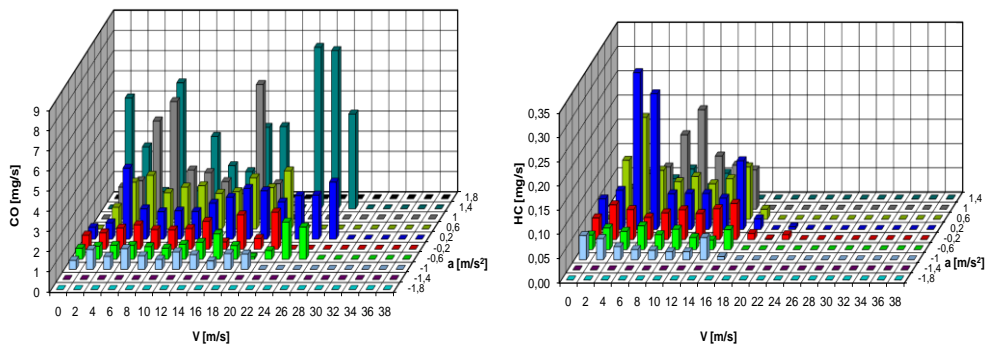
Fig. 6. Characteristics of operating time share ( $u_i$ ) in speed and acceleration coordinates during the road tests; a) Gasoline; b) Diesel, c) CNG, d) theoretical chart for the NEDC



a) GASOLINE



b) DIESEL



c) CNG

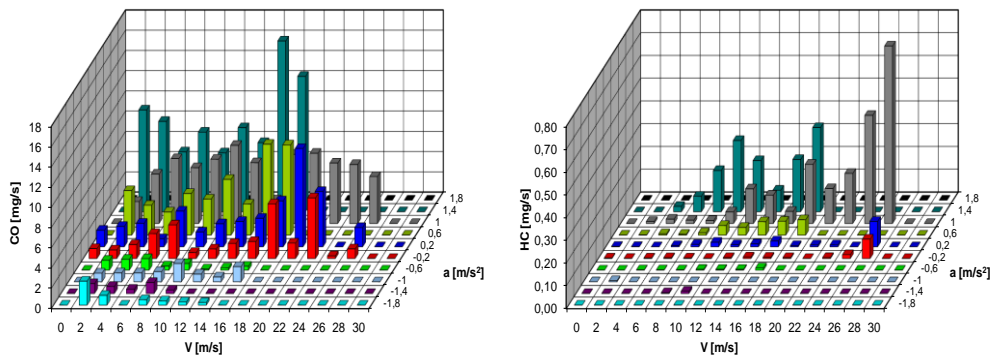


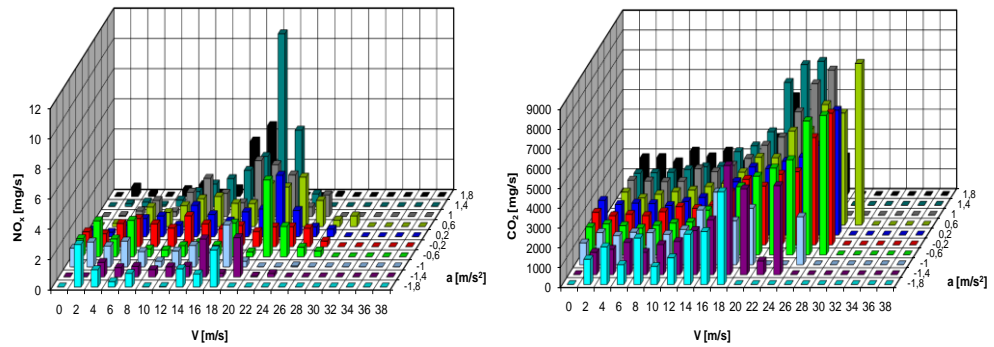
Fig. 7. The characteristics of carbon monoxide and hydrocarbons emissions in speed and acceleration coordinates during the road tests; a) Gasoline, b) Diesel, c) CNG

The area of increased intensity of nitrogen oxides emission (Fig. 8) falls within the range of increased vehicle speeds and considerable vehicle acceleration, i.e. significant engine loads. It is related to the increased dose of fuel and, at the same time, to the growing engine speed. The lowest emission level occurs for the CNG-fueled vehicle (values range from 1 to 3 mg/s, at the maximum acceleration and speed they reach 5 mg/s). The vehicle with a gasoline engine emits up to 6 mg/s of nitrogen oxides and this value is about 10 times lower than the typical value for a vehicle with a diesel engine.

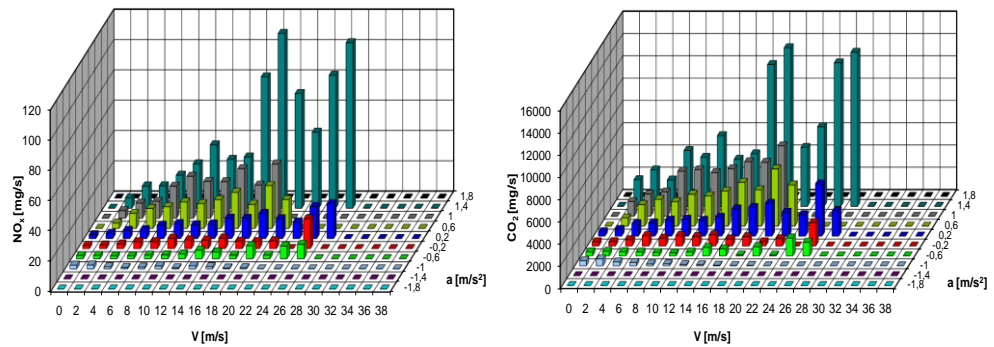
Emission of carbon dioxide is similar for all the tested vehicles: it grows with increased speeds and accelerations of the vehicle. Different is the level of emissions that derives from different forms of engine fuelling. For the vehicle with a gasoline engine non-linear growth of  $\text{CO}_2$  emission is observed (for the same acceleration value), while the peak values of carbon dioxide emission reach 8 g/s (engine capacity of 1.4 dm<sup>3</sup>, which corresponds to the  $\text{CO}_2$  concentration in the exhaust gases at the level of 13.5%). For the CNG-fueled

vehicle a linear growth of CO<sub>2</sub> emission is observed with the increase of speed (for the same acceleration value of the vehicle). Peak values are comparable to the emission of the vehicle with a gasoline engine (engine capacity of 2 dm<sup>3</sup>, which corresponds to CO<sub>2</sub> concentration in exhaust gases at the level of about 12%). For the vehicle with a diesel engine again a linear growth of CO<sub>2</sub> emission is observed with the increase of speed (for the same acceleration value of the vehicle). Peak values are comparable to the emissions of the previous vehicles (diesel engine capacity of 2 dm<sup>3</sup>, which corresponds to CO<sub>2</sub> concentration in exhaust gases at the level of about 13%). The advantage, however, is a lower concentration of this component at part loads, where the concentration is 2.3–4%.

a) GASOLINE



b) DIESEL



c) CNG

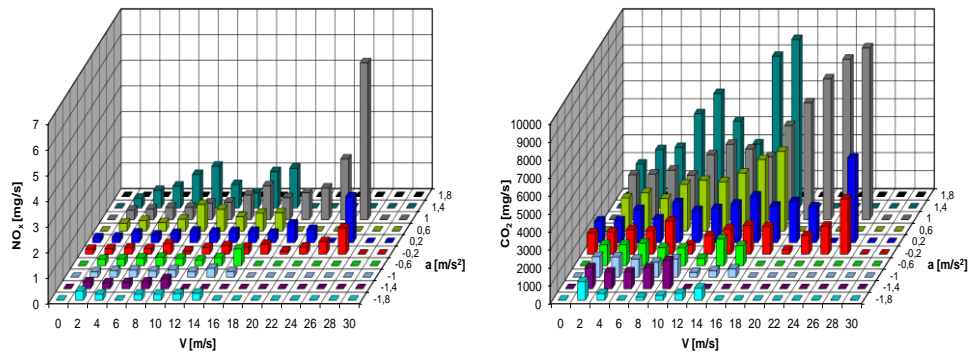


Fig. 8. Characteristics of nitrogen oxides and carbon dioxide emissions in the speed and acceleration coordinates during the road tests; a) Gasoline, b) Diesel, c) CNG

## 5. Quantity factors of emission

The quantity factors of the vehicle emissivity for specific fueling are shown as a total accumulated mass of a given exhaust emission (Fig. 9). The comparison indicates that the vehicle with a gasoline engine clearly emits more carbon monoxide but the least hydrocarbons and nitrogen oxides. The vehicle with a diesel engine emits the most of the latter. The level of CO<sub>2</sub> emission is rather similar in all the tested vehicles. With the use of values of accumulated exhaust emission and GPS-registered data road length of the test was defined, and then the average road emission for each exhaust emission component (Fig. 9). The comparison indicates that for the vehicle with a gasoline engine only nitrogen oxides emission is exceeded in relation to Euro 4 standard. The remaining road emission values do not exceed the values set forth by the standard. For the vehicle with a diesel engine, the NO<sub>x</sub> emission and the summed emission of HC and NO<sub>x</sub> is exceeded (mainly due to nitrogen oxides emission) in relation to Euro 4 standard. For the CNG-fueled vehicle the emission of all the tested components of the exhaust gases was lower than the values set forth by the standard. Therefore, in this case the road emission was lower than in the homologation test.

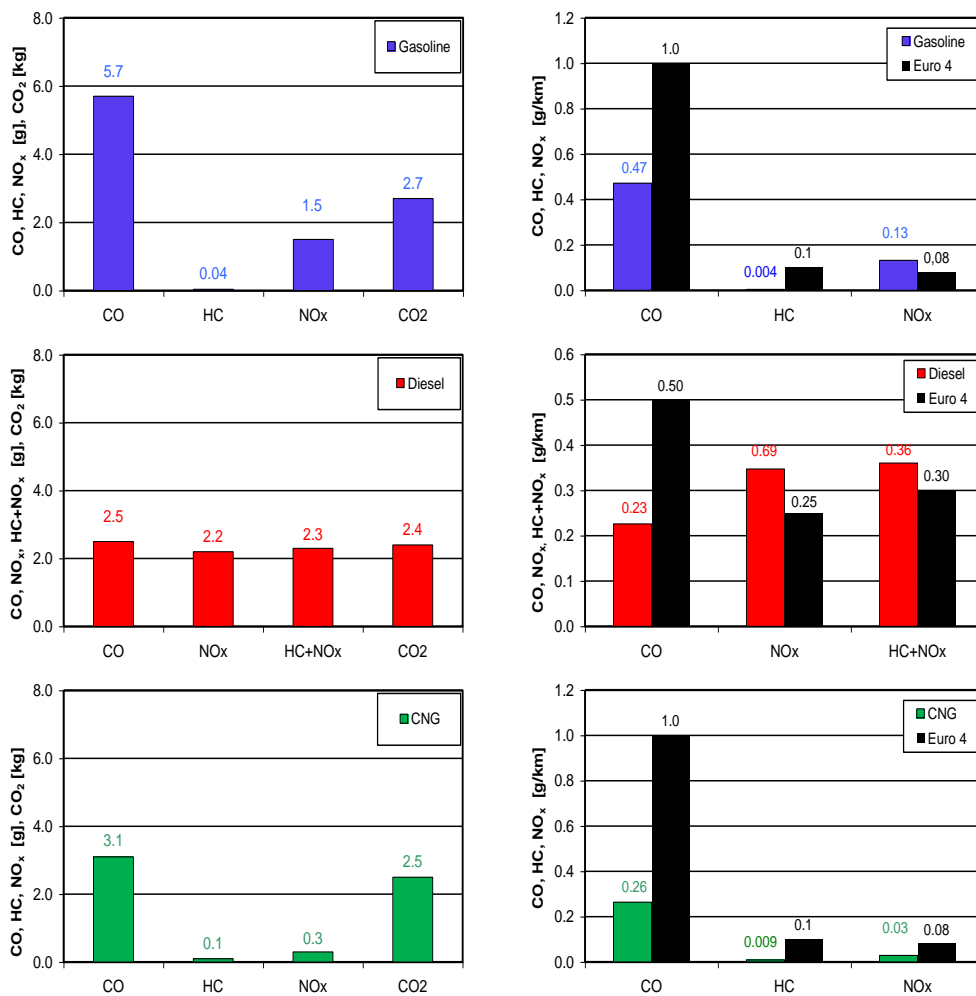


Fig. 9. The comparison of the accumulated emissions and the emissions in the road test for vehicles fueled with: Gasoline, Diesel and CNG with the emission values set forth by the Euro 4 standard

From the above results, e.g. the characteristics of vehicle operating time share at particular speed and acceleration coordinates, it is possible to calculate the multiplication factor

of emission growth/reduction in the real conditions in relation to the homologation test. The vehicle emissivity factor (for a given harmful compound) was defined as follows:

$$k_j = \frac{E_{\text{real},j}}{E_{\text{NEDC},j}}$$

where:

- $j$  – harmful compound for which the emissivity factor was defined,
- $E_{\text{real},j}$  – emission intensity obtained in the real conditions ([g/s]),
- $E_{\text{NEDC},j}$  – emission intensity obtained in the NEDC ([g/s]).

The emission intensity in the real conditions can be calculated with the use of the vehicle operating time distribution characteristics ( $u_{a,v}$ ) and the emission intensity characteristics for  $j$  harmful compound  $e_j(a,V)$  expressed in grams per second:

$$E_{\text{real},j} = \sum_a \sum_v u_{a,v} \cdot e_j(a,V)$$

The value of the exhaust emission in the homologation test was determined in tests on a chassis dynamometer. If there is no information on the exhaust emission from a vehicle in the NEDC, acceptable values can be assumed, in compliance with the Euro standard related to the exhaust emission, which is applicable for a given vehicle. An acceptable emission value for a given compound in g/km can be re-calculated into an emission intensity value (in g/s) knowing the duration (1180 s) and the covered distance (11,007 m) in a homologation test. Such relations were used to specify the emissivity factors for the exhaust emission of a tested vehicle (Fig. 10).

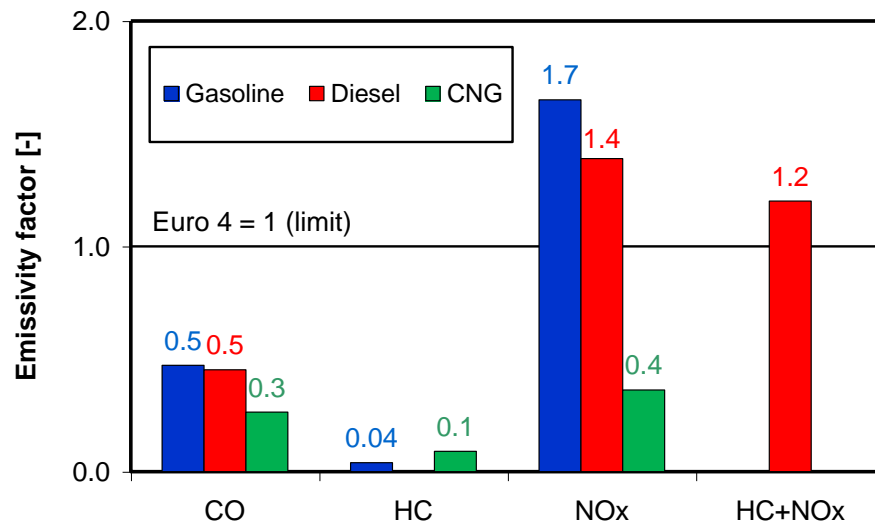


Fig. 10. The comparison of the vehicle emissivity factor with the use of data on the actual emissions in the NEDC or assuming the values corresponding to the values acceptable as per the standard

The obtained emissivity factors for a vehicle fueled with Gasoline, Diesel and CNG characterize the vehicle emissivity in the road conditions in relation to the relevant vehicle exhaust emission standard. The values of the CO emissivity factor ( $k_{\text{CO}} = 0.3\text{--}0.5$ ) and hydrocarbons emissivity factor ( $k_{\text{HC}} = 0.04\text{--}0.1$ ) for all the tested vehicles prove that they do not exceed the average emission of these components in the road conditions in relation to the Euro 4 standard. It is not the case for nitrogen oxides emission: only for the CNG-fueled vehicle the emissivity factor is 0.4, which proves that the average emission is 40–70% higher in relation to the Euro 4 standard related to the exhaust emission. For the summed emission of HC + NOx (Euro 4 limits the sum of these compounds for diesel engines) the emissivity factor is above 1 ( $k_{\text{HC+NOx}} = 1.2$ ), thus the standard (of the vehicle homologation) is exceeded by 20%.



## 6. ConclusionS

The analysis of the data indicates that the emission values obtained in the NEDC homologation test for the tested vehicle (which meets the Euro 4 standard) and the values obtained in the real road vehicle conditions differ from each other. These differences for some exhaust components are significant and amount to, respectively:

1. For the vehicle with a gasoline engine:

CO emission is lower by 50%,

HC emission is lower by 95%,

NOx emission is higher by 70%,

2. For the vehicle with a diesel engine:

CO emission is lower by 50%,

NOx emission is higher by 40%,

HC + NOx emission is higher by 20%,

3. For the CNG-fueled vehicle:

CO emission is lower by 70%,

HC emission is lower by 90%,

NOx emission is lower by 60%.

The results of the tests carried out in the real conditions indicate that for some toxic components of the exhaust the percentage of this emission is higher by tens. Therefore, the trend to legislate the measurement of the exhaust emissions in the real vehicle operating conditions in Europe can be observed.

## References

1. Gao Y., Checkel M.D., Emission Factors Analysis for Multiple Vehicles Using an On-Board, In-Use Emissions Measurement System, SAE Technical Paper 2007-01-1327, 2007.
2. Greening P., European Light-Duty & Heavy Duty OBD – Legislative Update, presented at On-Board Diagnostic Symposium: Light and Heavy Duty, Lyon 2007, October 9-11, 2007.
3. Jehlik H., Challenge X 2008 – Hybrid Powered Vehicle On-Road Emissions Findings and Optimization Techniques: A 4 Year Summary, presented at Sensors 5th Annual SUN (SEMTECH User Network) Conference, USA 2008, September 25-26, 2008.
4. Johnson K., Durbin T., Cocker D., Miller J., Agama R., Moynahan N., Nayak G., On-Road Evaluation of a PEMS for Measuring Gaseous In-Use Emissions from a Heavy-Duty Diesel Vehicle, SAE Technical Paper 2008-01-1300, 2008.
5. Khair M., Khalek I., Guy J., Portable Emissions Measurement for Retrofit Applications – The Beijing Bus Retrofit Experience, SAE Technical Paper 2008-01-1825, 2008.
6. Khalek I., Status Update on the PM-PEMS Measurement Allowance Project, Sensors 6th Annual SUN (SEMTECH User Network) Conference, USA 2008, September 24-25, 2008.
7. Korniski T., Gierczak C., Wallington T., Laboratory Evaluation of the 2.5 Inch Diameter SEMTECH® Exhaust Flow Meter with Gasoline Fueled Vehicles, Sensors 4th Annual SUN (SEMTECH User Network) Conference, USA 2007, October 22-23, 2007.
8. Merkisz J., Pielecha J., Gis W., Gasoline and LPG Vehicle Emission Factors in a Road Test, SAE Technical Paper 2009-01-0937, 2009.
9. Pielecha J., Merkisz J., On-Board Emissions Measurement from Light Duty Diesel Vehicles, presented at 12 EAEC 2009, European Automotive Congress Bratislava. Europe in the Second Century of Auto-Mobility, Bratislava 2009, June 29-Juli 1, 2009.
10. Pielecha J., Merkisz J., Markowski J., Emission tests of the AI-14RA aircraft under real operating conditions of PZL-104 'Wilga' plane, Combustion Engines 3/2009.
11. Quan H., ARB's Stockton Heavy-Duty Vehicle Laboratory and Portable Emission Monitoring System (PEMS) Activities, presented at Sensors 5th Annual SUN (SEMTECH User Network) Conference, USA 2008, September 24-25, 2008.
12. Tsinoglou D.N., Koltsakis G.C., Samaras Z.S., Performance of OBD Systems for Euro 4 Level Vehicles and Implications for the Future OBD Legislation, in Onboard-Diagnose II edited by O. Predelli, Expert Verlag, 2007.

В статье представлены результаты исследований выбросов автомобильного транспорта в условиях дорожного движения. Тесты для различных видов транспорта выполнены на обрезках пути от нескольких до десятков киломе-

тров в реальных условиях эксплуатации транспорта. Концентрация токсичных соединений измеряется модильным анализатором SEMTECH DS фирмы SENSORS. Дополнительно использовались данные бортовой диагностической системы автомобиля, а также сигналы навигатора GPS. Результаты исследований послужили основой для показателя выбросов транспорта, который можно использовать при оценке экологической безопасности автомобиля в аспекте токсичности отработавших газов.

*Ключевые слова: выбросы автомобильного транспорта, тест NEDS, бортовая диагностическая система автомобиля, сигналы навигатора GPS, показатель выбросов, бензиновый и дизельный двигатели, компоненты выбросов (CO, HC, NOx, CO2)*

У статті надано результати досліджень викидів автомобільного транспорту в умовах дорожнього руху. Тести для різних видів транспорту виконані на об'їздах шляху від декількох до десятків кілометрів в реальних умовах експлуатації транспорту. Концентрація токсичних сполук вимірюється модильним аналізатором SEMTECH DS фірми SENSORS. Додатково використовувалися дані бортової діагностики системи автомобіля, а також сигнали навігатора GPS. Результати досліджень стали основою для показника викидів транспорту, який можна використовувати при оцінці екологічної безпеки автомобіля в аспекті токсичності відпрацьованих газів.

*Ключові слова: викиди автомобільного транспорту, тест NEDS, бортова діагностична система автомобіля, сигнали навігатора GPS, показник викидів, бензиновий і дизельний двигуни, компоненти викидів (CO, HC, NOx, CO2)*

Jerzy Merkisz - D.Sc., Ph.D., Mech. Eng. Head of the Institute of Internal Combustion Engines and Transport, Poznan University of Technology.

Jacek Pielecha - Ph.D. Mech. Eng Institute of Internal Combustion Engines and Transport, Poznan University of Technology.

Reviewer - D.Sc., Ph.D., Mech. Eng. Franciszek Tomaszewski

*Стаття подана  
10.06.2010*

**Ежи Меркиш, Милослав Козак,  
Яцек Пелеха, Мачей Анджеевски**

Познань

## **ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ СОВРЕМЕННЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ И RME**

Метилловые эстры жирных кислот рапсового масла (англ. RME- Rapeseed Methyl Esters) все чаще применяются в качестве топлива для двигателей с самовоспламенением. Влияние RME на токсичность двигателей современных конструкций сегодня менее всего изучено. Цель настоящей работы – выявление возможностей RME в уменьшении токсичности современных дизельных двигателей. Исследования выполнены в лаборатории Познаньского технического университета с использованием тормозной установки AMX200. Измерения токсичности отработавших газов проводились с помощью анализаторов SEMTECH-DS (CO, CH, NOx), а также AVL Microsoot Sensor (твердые частицы). Измерения проводились в тесте ESC для двигателя с самовоспламенением, с турбонадувом и непосредственным впрыском, выполняющим нормы Euro4. В испытаниях использовались четыре вида топлива: дизельное топливо, RME и их смеси B20 и B50, содержащими соответственно 20% и 50% RME. Результаты исследований показали значительное влияние RME на уменьшение токсичности отработавших газов. Получено значительное уменьшение эмиссии CH твердых частиц при незначительном росте эмиссии CO и Nox.

*Ключевые слова: двигатель с самовоспламенением, дизельное топливо, метилловые эстры жирных кислот рапсового масла, выбросы отработавших газов.*

### **Введение и постановка задачи**

Начиная с восьмидесятых годов прошлого века экологические аспекты, являются факторами, определяющими развитие конструкций энергетических установок на транспорте и повышение качества топлива для двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Несмотря на значительные успехи в разработке альтернативных топлив, нефть остаётся основным сырьём для получения традиционных топлив. На этом фоне постепенно возрастает роль биотоплив. Европейские Директивы 2009/28/EU и 2003/30/EU являются основными документами в этой области. В Польше основными нормативными документами в этой области являются постановления Совета министров от 2007 года: «Долгосрочная программа перевода на биотопливо и другие возобновляемые топлива в период 2008-2014 годов». Эта программа накладывает определенные обязательства на производителей и реализаторов топлив на топливном рынке. Невыполнение таких обязательств предусматривает наложение финансовых санкций.

Постоянно высокий уровень цен на сырую нефть и угроза глобального потепления способствуют развитию рынка топлив, полученных из возобновляемых природных ресурсов. В Евросоюзе (ЕС) основным таким топливом является FAME (анг. Fatty Acid Methyl Esters – метилловые эстры жирных кислот), которое производится в виде RME (анг. Rapeseed Methyl Esters – метилловые эстры жирных кислот рапсового масла). Сегодня Евросоюз является крупнейшим в мире производителем такого топлива (рис.1). Считается, что уровень производства и потребление такого топлива будет возрастать в связи с растущими потребностями топлив для двигателей с самовоспламенением. В настоящее время всё чаще к традиционному дизельному топливу добавляют FAME в чис-

том виде. В Польше такой рост потребления объясняется более низкой ценой на этот вид топлива (на 20%) по сравнению с традиционным.

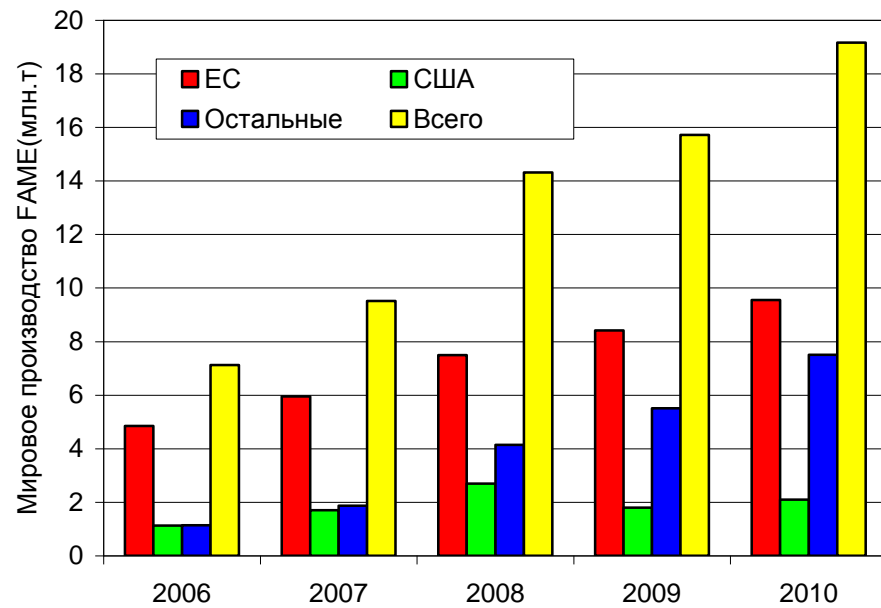


Рис.1 Мировое производство FAME с 2006 года и прогноз на 2010 год[1]

Широкое распространение топлив, изготовленных, из возобновляемых природных ресурсов сегодня связывают с более «чистым» выбросом отработавших газов ДВС. Их токсичность удаётся снизить вследствие использования FAME в чистом виде или в виде добавок. Существует достаточное количество публикаций, посвященных этой теме [2÷9]. Например, Лауперта на основе анализа 160 научных работ утверждает, что применение FAME способствует снижению эмиссии CO, CH и твердых частиц (PM), но росту выбросов NOx[10] (рис. 2)

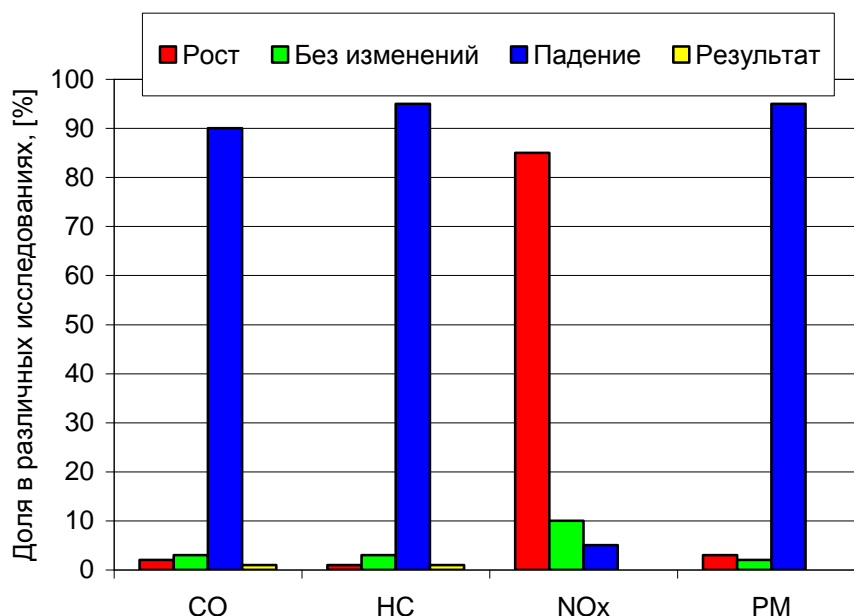


Рис.2 Результаты анализа опубликованных работ по изменению эмиссии токсических компонентов при использовании FAME в качестве топлива[10]

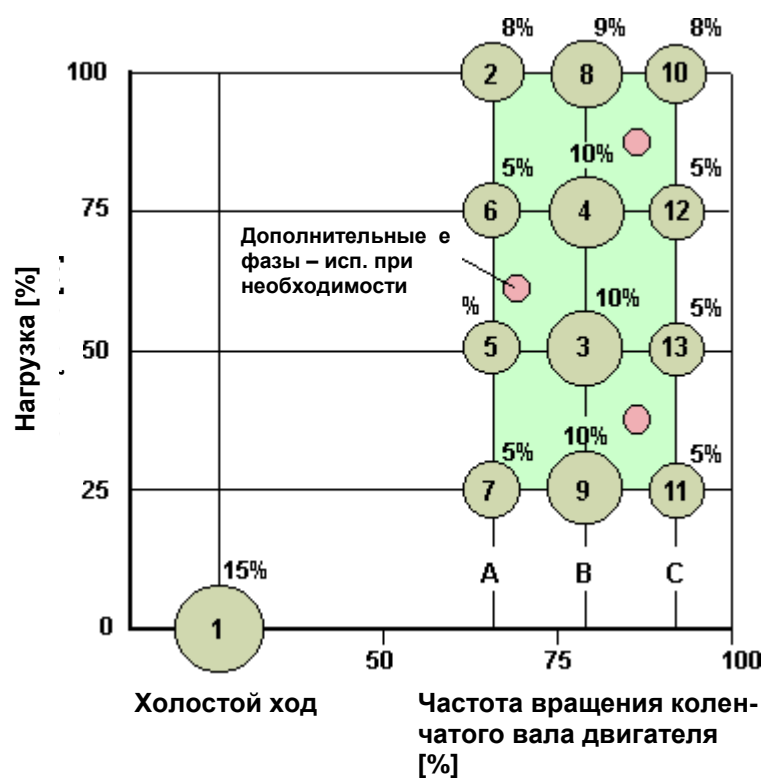
Необходимо отметить, что значительная часть подобных работ была выполнена на ДВС с традиционной конструкцией системы впрыска топлива. Современные конструкции систем впрыска отличаются от традиционных, например, более высоким давлением впрыска. Кроме этого, в большинстве работ измерения выбросов проводились только на одном или нескольких режимах работы двигателя, что ограничивает представление о влиянии FAME на токсичность отработанных газов во всём диапазоне режимов работы ДВС. В связи с этим в настоящей работе ставились следующие задачи:

- определить содержание токсических соединений в отработавших газах двигателей при использовании дизельного топлива, RME или их смесей
- провести исследования на современном дизельном двигателе легкового автомобиля в условиях процедуры европейского теста ESC.

#### **Исследовательский стенд и условия проведения испытаний.**

Исследования проводились на тормозной установке фирмы Automex, содержащей в своей конструкции электрический тормоз типа AMX-210/100. Использовался автомобильный двигатель с самовоспламенением, характеристики которого сведены в таблицу 1. Измерения выбросов токсических компонентов производились в условиях европейского теста ESC (рис. 3). Во-время работ двигатель работал на дизельном топливе (ON), на топливе RME (B100), свойства которого сведены в таблицу 2 и их смесях: B20 (20%RME и 80% ON), B50 (50%RME и 50% ON). При приготовлении топлив B20 и B50 учитывалось, что дизельное топливо содержит в своём составе 4,9% FAME.

Технические характеристики двигателя	
Тип двигателя	Дизельный, 4-цилиндровый
Рабочий объем	1,251 дм <sup>3</sup>
Максимальная мощность	51 кВт при 4000 мин <sup>-1</sup>
Максимальный крутящий момент	180 Н/м при 1750 мин <sup>-1</sup>
Система питания	Непосредственный впрыск Common Rail, турбонадув
Количество клапанов	4 на каждом цилиндре
Максимальное давление впрыска	140 МПа
Порциальность топлива	до 4 впрысков за цикл
Система нейтрализации	Окислительный реактор, EGR
Нормы выбросов	EURO 4

Рис.3 Европейский стационарный цикл (ang. *European Stationary Cycle* – ESC)

Т а б л . 2

Характеристики дизельного топлива(ON) и RME

	Единицы измерения	NO	RME (B100)
Цетановое число	–	52,6	51,0
Цетановый индекс	–	52,8	--
Плотность при темп. 15°C	кг/м <sup>3</sup>	833,5	883,0
Вязкость при темп. 40°C	мм <sup>2</sup> /с	2,66	4,46
Содержание серы	млн <sup>-1</sup>	9,9	0,8
Содержание FAME	%(V)	4,9	98,5
Содержание WWA	%(m)	2,5	--

Пробы отработавших газов для анализа отбирались перед нейтрализатором. Измерение содержащее токсических компонентов (CO,CH,NOx) проводились на анализаторе SEMTECH DS фирмы SENSORS (рис. 4). Для установления массы твёрдых частиц использовался анализатор Micro Soot Sensor фирмы AVL который определяет содержание PM в диапазоне 0÷50мг/м3, с использованием фотоакустического метода (анг. PASS-Photo Acoustic Soot Sensor). Анализатор оборудован системой приготовления проб (температура и разбавление воздухом). Для измерения потемнения фильтра FSN, концентрации сажи и потемнения отработавших газов использован анализатор Smoke Meter фирмы AVL.

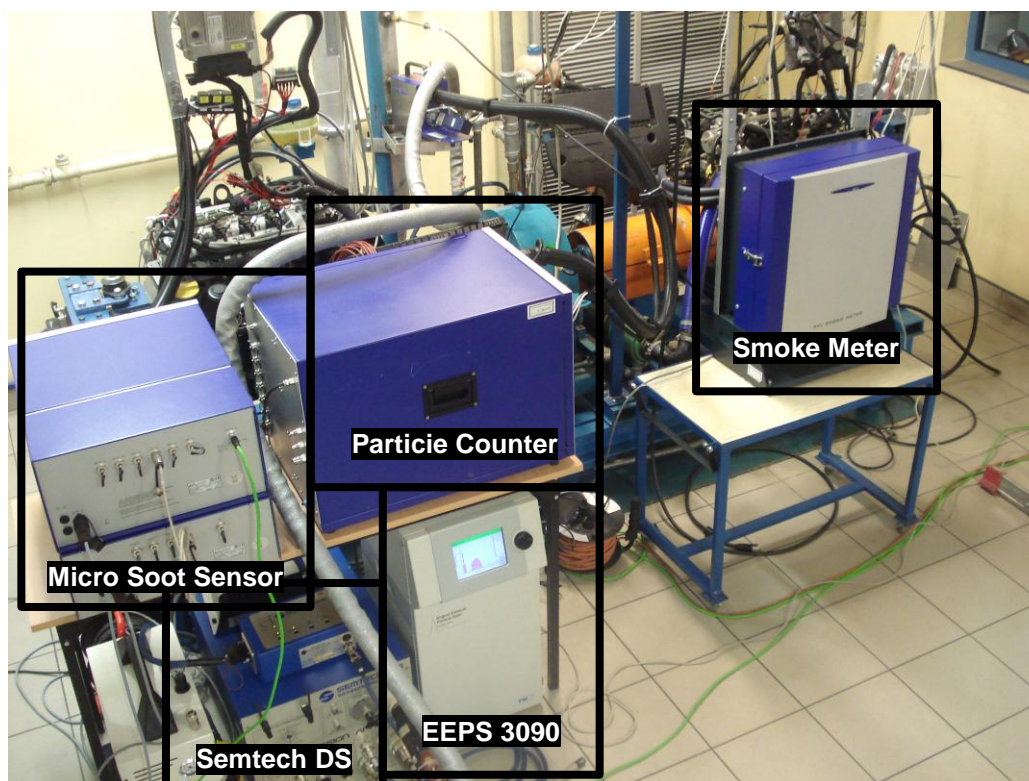


Рис.4 Внешний вид испытательного стенда

### Анализ полученных результатов

Работа двигателя на топливах, содержащих RME способствует определённому уменьшению эмиссии углеводородов. Замеры показали выразительное падение часовой эмиссии в каждой фазе теста ESC и удельной, пересчитанной для всего теста (рис. 5). Анализируя влияние различных долей RME в топливе на выбросы CH можно утверждать, что снижение выбросов пропорционально изменению концентрации RME при наибольшем снижении (на 42%) для топлива B100 за весь тест. Этот результат соответствует результатам EPA о том, что среднее падение выбросов CH может достигать 70% при использовании топлива в виде FAME.

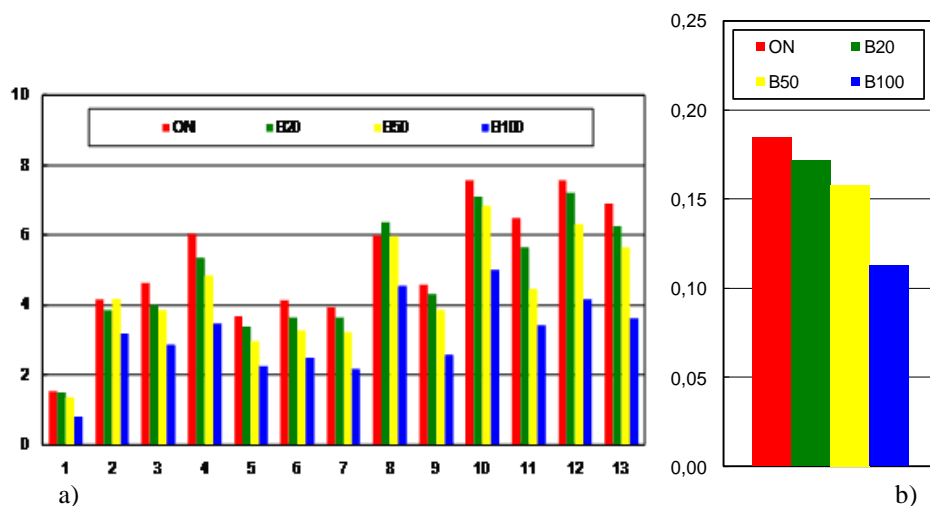


Рис.5 Эмиссия CH : а)в отдельных фазах теста ESC [г/час], б)В течении всего теста ESC[г/кВтч]

На фоне положительного влияния RME на выбросы CH несколько неожиданным оказалось его влияние на выбросы CO (рис. 6). За исключением фазы 10 отмечен рост эмиссии CO для топлив, содержащих RME. Необходимо отметить, что разница в величинах выбросов CO для топлив, содержащих различные доли RME во многих фазах незначительна. Окончательно для всего теста ESC получен рост выбросов CO, при этом его минимальная величина зафиксирована при использовании чистого RME (B100). В границах топлив, содержащих RME увеличения его концентрации способствовало падению эмиссии CO, что совпадает с результатами других исследований. Из анализа научных публикаций установлено, что величина эмиссии CO для топлив, содержащих RME выше, чем для дизельного топлива. По мнению EPA существует линейная зависимость величин выбросов CO и содержании FAME. Для чистого FAME получено, в среднем падение выбросов CO на 50%.



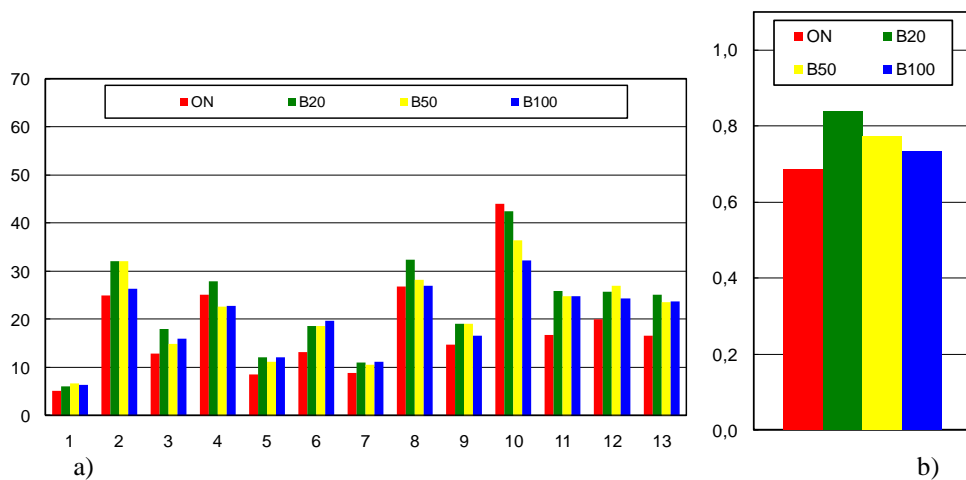


Рис. 6. Эмиссия CO: а) в отдельных фазах теста ESC [г/час], б) в течении всего теста ESC [г/кВтч]

Добавка RME в дизельное топливо приводит к росту выбросов NOx (рис. 7). Такая зависимость отмечается во многих научных публикациях. Однако такой рост является незначительным – не превышает 5%. В свете данных EPA, утверждающих, что использование чистого FAME способствует, в среднем, увеличению эмиссии NOx более чем на 10% [11], полученные данные в настоящей работе можно считать положительными. Установлен так же факт, что в периоды наибольшей интенсивности эмиссии NOx (режимы максимальных нагрузок), выбросы NOx для B100 ниже, чем для дизельного топлива.

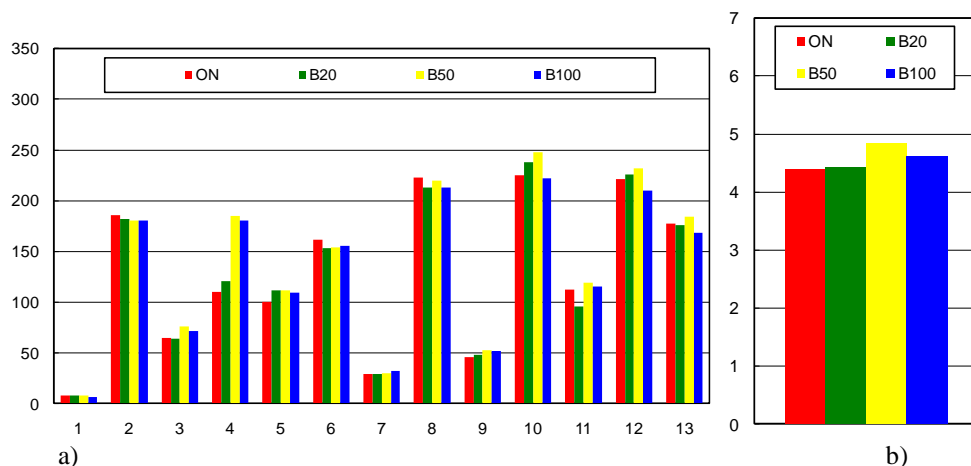


Рис. 7. Эмиссия NOx: а) в отдельных фазах теста ESC [г/час], б) в течении всего теста ESC [г/кВтч]

По результатам исследований определены выбросы твёрдых частиц, которые предоставлены в графическом виде на рис. 8.

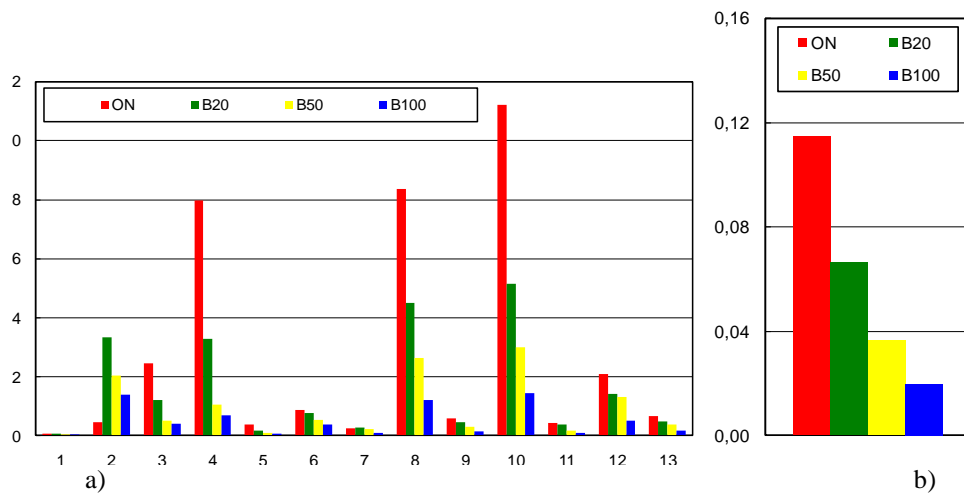


Рис. 8. Эмиссия твёрдых частиц: а) в отдельных фазах теста ESC [г/час], б) в течении всего теста ESC [г/кВтч]

Анализ величин в отдельных фазах теста позволяет утверждать, что добавка RME в дизельное топливо существенно снижает концентрацию РМ в отработавших газах ДВС. Одновременно с ростом доли RME в дизельном топливе, выбросы РМ существенно снижаются. Это особенно заметно на режимах наибольших величин частот вращения коленчатого вала двигателя и нагрузки.

Применения чистого RME (B100) вызвало заметное падение эмиссии твёрдых частиц. Для всех фаз теста она не превышает величины 1,5 г/час.

Особый интерес вызывает сравнение эмиссии РМ при использовании чистого дизельного топлива и B100. При работе двигателя на режимах повышенной частоты вращения коленчатого вала и наибольших нагрузок отличия часовой эмиссии, достигают величины 88%. Однако, удельная эмиссия, подсчитанная для всего теста ESC на 83% меньше в случае с топливом B100. Полученные данные даже несколько превышают результаты, полученные EPA, которые содержат 50-ти процентное снижение выбросов твёрдых частиц при использовании чистого FAME [11]. Подтверждением такой зависимости могут быть результаты измерений дымности отработавших газов, представленных на рис.9.

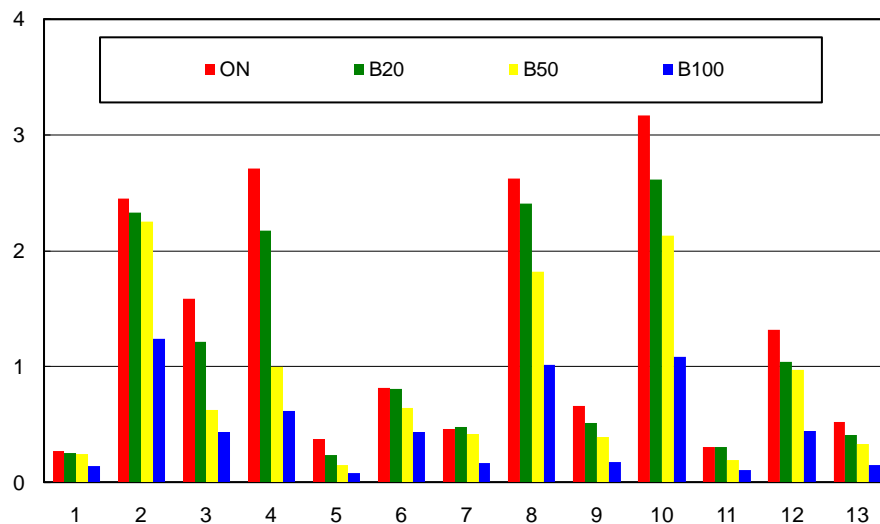


Рис. 9. Дымность отработавших газов (FSN) в отдельных фазах теста ESC

На рис.10 представлены зависимости изменения расхода топлива в тесте ESC от вида применяемого топлива. Как видно из графиков получен небольшой рост расхода топлива, пропорциональный доли RME. Для чистого RME такой рост составляет величину 9%.

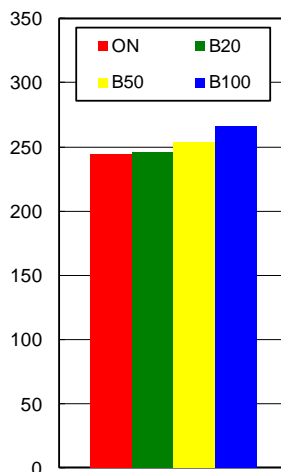


Рис. 10. Расход топлива в тесте ESC,[г/кВтч]

### Выводы

Проведенные исследования выявили существенное влияние RME, как добавки к топливу на выбросы токсических компонентов современного двигателя с самовоспламенением, с турбонадувом и системой питания Common Rail.

Выбросы CH в тесте ESC уменьшаются по мере роста доли RME в дизельном топливе и достигают минимальной величины в случае применения чистого RME (B100).

Эмиссия CO в тесте ESC была более высокой при использовании топлива с добавкой RME, однако уменьшалась по мере роста доли RME. Для чистого RME получен результат такой же как при использовании дизельного топлива (разница 6%). Необходимо отметить, что CO представляется наименее опасным газом, так как он эффективно окисляется в нейтрализаторе.

Эмиссия NOx в тесте ESC незначительно возрастает (на несколько процентов) в случае применения топлива с RME.

Выбросы твёрдых частиц в тесте ESC заметно уменьшаются для топлив с добавкой RME. Падение эмиссии PM было пропорциональным доли добавки в топливе. Для чистого RME отмечено шестикратное уменьшение выбросов по сравнению с дизельным топливом.

Применение RME не влияло на эффективность работы ДВС, рост расхода топлива был пропорционален уменьшению теплотворной способности топлива, содержащего RME.

Окончательно можно отметить положительное влияние добавок в виде RME на токсичность отработавших газов современного двигателя с самовоспламенением в тесте ESC. Это связано, в первую очередь, с существенным уменьшением выбросов CH, и в особенности, с резким падением эмиссии твёрдых частиц при невысоком росте выбросов NOx. Результаты выполненных исследований показывают, что наиболее эффективным является использование RME в качестве топлива в чистом виде (B 100).

## Література

1. <http://lipidlibrary.aocs.org/market/biodiesel.htm>
2. Daisuke Kawano, Hajime Ishii and Yuichi Goto: Effect of Biodiesel Blending on Emission Characteristics of Modern Diesel Engine. SAE Paper 2008-01-2384.
3. Durbin T.D., Cocker III D.R., Sawant A.A., Johnson K., Miller J.W., Holden B.B., Helgeson N.L. and Jack J.A.: Regulated Emissions from Biodiesel Fuels from On/Off-Road Applications. Atmospheric Environment no 41 (2007).
4. Fontaras G., Karavalakis G., Kousoulidou M., Tzamkiozis T., Ntziachristos L., Bakeas E., Stournas S. and Samaras Z.: Effects of Biodiesel on Passenger Car Fuel Consumption, Regulated and Non-Regulated Pollutant Emissions over Legislated and Real-World Driving Cycles. Fuel no 88 (2009).
5. Fujia Wu, Jianxin Wang, Wenmiao Chen and Shijin Shuai: A Study on Emission performance of a Diesel Engine Fueled with Five Typical Methyl Ester Biodiesels. Atmospheric Environment no 43 (2009).
6. Graboski M.S. and McCormick R.L.: Combustion of Fat and Vegetable Oil Derived Fuels in Diesel Engines. Prog. Energy Combust. Sci. Vol. 24 (1998).
7. Lei Zhu, Wugao Zhang, Wei Liu and Zhen Huang: Experimental Study on Particulate and NO<sub>x</sub> Emissions of a Diesel Engine Fueled with Ultra Low Sulfur Diesel, RME-Diesel Blends and PME-Diesel Blends. Science of the Total Environment no 408 (2010).
8. Nigro F., Trielli M. and Costa C.: Emission Characteristics of a Diesel Engine Operating with 9. Biodiesel and Blends. SAE Paper 2007-01-2635.
9. Szlachta Z.: Zasilanie silników wysokoprężnych paliwami rzepakowymi. WKiŁ Warszawa (2002).
10. Lauperta M., Armas O. and Rodriguez-Fernandez J.: Effect of Biodiesel Fuels on Diesel Engine Emissions. Progress in Energy and Combustion Science no 34 (2008).
11. Assessment and Standards Division (Office of Transportation and Air Quality of the US Environmental Protection Agency). A Comprehensive Analysis of Biodiesel Impacts on Exhaust Emissions. EPA420-P-02-001 (2002).

Rapeseed Methyl Ester (RME) is becoming more and more common as a fuel for diesel engines. In Poland, RME is commercially available as a neat fuel (B100). Advantageous effects of RME on exhaust emissions from older diesel engines have been confirmed in many previous studies. However, in case of modern engines, the influence of RME on exhaust emissions seems to be less recognized and evident. The aim of the research described in this paper was to evaluate the potential of RME as a liquid fuel for modern diesel engines in relation to meeting emissions requirements. The tests were carried out at the Poznan University of Technology's Emissions Testing Laboratory using the AMX200 engine test bed. The Sensors SEMTECH-DS exhaust gas analyzer (CO, HC and NO<sub>x</sub> emissions) and AVL Microsoot Sensor (PM emissions) were used to measure exhaust emissions. The emission measurements were carried out over the 13-mode ESC cycle. The tests were conducted on a direct injection (Common Rail), turbocharged, four-cylinder, passenger car diesel engine, representing Euro 4 emissions level. Four different fuels were tested, namely: diesel fuel, RME and their blends B20 and B50, containing 20 and 50% RME respectively. The tests showed a considerable favorable influence of RME on engine-out exhaust emissions. Significant emissions reductions were noted for HC and PM emissions. CO and NO<sub>x</sub> emissions increased by a few percent only.

*Key words: Rapessed Methyl Ester(RME), exhaust emissions, diesel engines, diesel fuel.*

Метилів естрагон жирних кислот рапсового масла (англ. RME-Rapeseed Methyl Esters) все частіше застосовуються в якості палива для двигунів самозаймання. У Польщі RME як паливо в чистому вигляді (I 100) доміє під назвою біоестер. Вплив RME на зменшення токсичності відпрацьованих газів з самозаймання двигунів старих конструкцій було відзначено в багатьох наукових роботах. Проте вплив RME на токсичність сучасних двигунів сьогодні менш вивчено. Метою цієї роботи було виявлення можливостей RME у зменшенні токсичності сучасних дизельних двигунів. Дослідження вико-

нані в лабораторії токсичності відпрацьованих газів Познанського технічного університету з використанням гальмівної установки АМХ200. Вимірювання токсичності відпрацьованих газів проводилися за допомогою аналізаторів SEMTECH-DS (CO, CH, NO<sub>x</sub>), а також AVL Microsoot Sensor (тверді частки). Виміри проводилися в тесті ESC на самозаймання двигунів, з турбонадувом і безпосереднім уприскуванням, виконують норми Euro4. У випробуваннях використовувалися чотири види палива: дизельне паливо, RME та їх суміші B20 і B50, що містять відповідно 20% і 50% RME. Результати досліджень показали значний вплив RME на зменшення токсичності відпрацьованих газів. Отримано значне зменшення емісії CH твердих частинок при незначному зростанні емісії CO і No<sub>x</sub>.

*Ключові слова: двигун самозаймання, дизельне паливо, метилові естрагон жирних кислот ріпакової олії, викиди відпрацьованих газів.*

Ежи Меркиш – д.т.н., проф. Директор інститута ДВС и транспорта, Познанский технический университет.

Милослав Козак – к.т.н., инж. Институт ДВС и транспорта, Познанский технический университет.

Яцек Пелеха – к.т.н., инж. Институт ДВС и транспорта, Познанский технический университет.

Мачей Анджеевски – магистр, инж. Институт ДВС и транспорта, Познанский технический университет.

Рецензент – д.т.н., проф. Веслав Звежицки

*Стаття подана  
10.06.2010*

## ЕКОЛОГІЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Виключно важлива проблема поводження з побутовими відходами у регіоні може бути успішно вирішена шляхом впровадження екологічного менеджменту відходів, основними засадами якого є цілеспрямоване управління плануванням, розбудовою та експлуатацією новітніх технологій у цій сфері.

*Ключові слова: тверді побутові відходи, полігон, екологічний менеджмент, роздільний збір відходів, утилізація відходів, економічна ефективність.*

**Основна мета** цієї публікації полягає в тому, щоб об'єднати зусилля органів місцевого самоуправління, інвесторів, комерційних структур, широких верств населення у вирішенні проблеми утилізації побутових відходів міст і населених пунктів, шляхом застосування комплексної системи екологічного менеджменту, яка дає можливість ефективного управління поводження з відходами на всіх рівнях: від їх утворення до кінцевої утилізації і використання вторинних матеріальних ресурсів.

Виключно важливим аспектом проблеми забруднення навколишнього природного середовища є проблема утилізації відходів побутового походження. У наш час ця проблема має зростаючу актуальність. Із зростанням добробуту населення кількість відходів збільшується, що призводить до появи величезної кількості звалищ і полігонів для їх зберігання.

В Україні площа звалищ перевищує 150 тис. га на яких щорічно накопичується до 1 млрд. т твердих побутових відходів, сільськогосподарських, промислових та інших відходів. твердих побутових відходів (ТПВ) міста України генерують біля 40 млн. м<sup>3</sup>/р (10 млн. т/р), біля 90% ТПВ збирається і вивозиться на більш ніж 600 звалищ, які розташовані на околицях міста. Найбільші площі під полігони зайняті в Дніпропетровській - 140 гектарів, Донецькій - 330, Одеській - 195, Запорізькій - 153, Луганській області - 129 гектарів [3].

Проблема твердих побутових відходів є дуже актуальною й для Луганської області. Сьогодні системою санітарного очищення в області охоплено тільки 67% територій населених пунктів області, зокрема 36,6% приватного сектору. Щорічно в області утворюється близько 4 млн. тонн твердих побутових відходів, з яких лише 50-60% вивозяться на полігони і звалища, останні залишаються на території населених пунктів у вигляді несанкціонованих звалищ. Сміттєпереробних і сміттєспалювальних заводів на території області немає, побутові відходи, що утворилися, скупчуються на звалищах.. Повний збір ТПВ ускладнюється недостатньою кількістю контейнерів та незадовільним станом парку сміттєвозних машин [1]

На сьогоднішній день полігони та звалища для розміщення ТПВ є екологічно небезпечними об'єктами, на яких виділяється біогаз, що забруднює атмосферне повітря, та фільтрат, який забруднює ґрунтові води. На більшості полігонів виявляються факти горіння побутових відходів, що є наслідком недотримання технології їх розміщення. При цьому ТПВ забруднюють навколишнє природне середовище та створюють санітарно-гігієнічну та епідеміологічну небезпеку.

Переважає більшість полігонів у містах області не обладнані сучасними засобами знешкодження та нейтралізації пилових та газових забруднень атиосферного повітря при розвантаженні та переміщенні відходів, практично ні на одному з них не знешкоджується фільтрат, внаслідок чого полігони становляться джерелом інтенсивного за-

бруднення ґрунту, поверхневих та підземних вод. У області відсутні високонавантажувані полігони, що свідчить про неефективне, екстенсивне використання земель.

Більшість діючих полігонів у містах працює в режимі перевантаження, тобто з порушенням проектних показників щодо обсягів накопичення відходів. Не вирішуються питання створення нових полігонів, тому діючі полігони розширюються, використовуючи під складування відходів нові земельні площі. Майже усі полігони потребують невідкладної санації та рекультивації. Половина полігонів побутових відходів приймає промислові відходи. Крім того, у багатьох містах триває процес утворення несанкціонованих звалищ побутових відходів [2].

У містах і населених пунктах області застосовується нераціональний валовий збір відходів та їх захоронення на полігонах без сортування. Це призводить до повної втрати цінних складових відходів, які могли бути використані як вторинні матеріальні ресурси, наприклад, макулатура, метал, гума, скло, пластмаси, деревина та інші.

Екологічність у сфері поводження з відходами полягає не тільки в усуненні їх як таких, що забруднюють міську екосистему, а й у перетворенні їх у джерело вторинної сировини, наприклад, у реальні можливості отримання енергії при спалюванні відходів або біогазу на полігонах зберігання твердих побутових відходів. Перспективним у цій галузі є отримання вторинної сировини і компостування органічних відходів, що істотно підвищує екологічність їх використання. Як свідчить досвід розвинутих країн Євросоюзу застосування роздільного збору ТПВ та сортування перед захороненням відходів значно підвищує рентабельність підприємств, зайнятих у цій сфері і дає чималий прибуток.

На сьогодні роботу по збору, транспортуванні та захороненні ТПВ у області здійснюють малопотужні комунальні підприємства з відсталою технікою та обмеженими фінансовими ресурсами. В той же час низька рентабельність, а іноді збитковість цих підприємств не може бути привабливим для інвесторів.

Практика показує, що подальше збільшення масштабів зростання кількості відходів, вартості їх утилізації і негативного ставлення населення неможливо розірвати шляхом простого посилювання екологічних стандартів або впровадження нового обладнання і технологій утилізації відходів. Спроби вийти із замкнутого кола «смітцевої кризи» (мал. 1.1) можливі лише при комплексному вирішенні соціальних, економічних, екологічних та технічних проблем, пов'язаних з системою поводження з твердими побутовими відходами.

Дійовим інструментом розв'язання цих проблем є екологічний менеджмент відходів-- цілеспрямоване управління поводження з відходами на протязі всього ланцюга їх існування: утворення, збору, транспортування, сортування, утилізації, захоронення і рекультивації місць захоронення. Тільки послідовна реалізація ефективних заходів поводження з відходами, передбачених структурою та вимогами екологічного менеджменту, якими передбачається формування екологічної політики у сфері поводження з відходами, розробки програм поводження з твердими побутовими відходами, реалізація цих програм щодо нової організації збору, транспортування, сортування, утилізації та захоронення ТПО.



Рис. 1.1. Замкнуте коло «смітцевої кризи»

Першими кроками у справі впровадження екологічного менеджменту є прийнята до дії регіональна Програма поводження з твердими побутовими відходами у Луганській області на період 2009 – 2020 р.

Основною метою подолання «смітцевої кризи» в регіоні

Програма наголошує створення умов, що сприятимуть забезпеченню повного збирання, перевезення, утилізації та захоронення ТПВ і запобігання їх шкідливої дії на навколишнє природне середовище і здоров'є людей.

Реалізація основних положень програми буде здійснюватись шляхом: - впровадження сучасних раціональних методів збирання побутових відходів;

- оновлення і модернізації обладнання для збирання та перевезення ТПВ ;
- будівництва смітесортувальних комплексів та сучасних полігонів;
- забезпечення вловлювання, нейтралізації та знешкодження забруднюючих речовин, фільтрату та біогазу на смітесортувальних комплексах та полігонах ТПВ;
- підвищення рентабельності підприємств у сфері поводження з відходами за рахунок широкого використання вторинних матеріальних ресурсів, що містяться у відходах;
- застосування технологій виробництва біогазу із харчових відходів та органічних складових ТПВ;
- проведення інформування та навчання широких верств населення щодо доцільності, ефективності та безальтернативності запропонованої системи поводження з відходами.

Виконання намічених програмою завдань потребує значних спільних зусиль органів державного управління та місцевого самоврядування, наукових працівників, представників бізнесу, інвесторів, громадськості і всього населення регіону

## Висновки

В умовах зростаючих обсягів твердих побутових відходів міст і населених пунктів області стало неможливим вирішення цієї проблеми подальшим застосуванням діючих і введенням в дію нових полігонів побутових відходів, не обладнаних в достатній мірі засобами сортування відходів, захисту атмосфери, ґрунтів, поверхневих і підземних вод від забруднення.

Ефективне вирішення проблеми побутових відходів потребує застосування системи екологічного менеджменту відходів, який в інтегрованому вигляді в межах однієї організаційної структури концентрує комплексну систему управління всього ланцюга поводження з відходами і утворення – роздільний збір, транспортування, знешкодження,



сортування, використання вторинної сировини, захоронення і використання звалищного газу.

### Література

1. Концепція регіональної програми поводження з твердими побутовими відходами в Луганській області на 2009-2020 роки. – Рішення обласної ради від 27.11.2008 р. №25/20.
2. Державні будівельні норми України. Проектування. Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування. ДБН В.2.4-2-2005. – Державний комітет України по будівництву та архітектурі, Київ, 2005
3. Програма поводження з твердими побутовими відходами. – Постанова Кабінету Міністрів України від 4.03.2004р. № 265.

Исключительно важная проблема обращения с бытовыми отходами в регионе может быть успешно решена путем внедрения экологического менеджмента отходов, основными предпосылками которого является целенаправленное управление планированием, внедрением и эксплуатацией новейших технологий в это сфере.

*Ключевые слова: твердые бытовые отходы, полигон, экологический менеджмент, отдельный сбор отходов, утилизация отходов, экономическая эффективность.*

Chronic problem of waste management in the region can be successfully solved by implementing environmental management of waste, the main principles of which are focused management planning, building and operation of new technologies in this field.

*Key words: municipal solid waste, landfill, environmental management, separate collection, recycling, economic efficiency.*

Харківський Б Т -	проф.кафедри Екологія Східноукраїнського національного університету ім.В.Даля.
Свістун Т В -	асистент кафедри Екологія Східноукраїнського національного університету ім.В.Даля.
Гончаренко О М -	магістр кафедри Екологія Східноукраїнського національного університету ім.В.Даля.
Рецензент -	доц.кафедри Екологія Східноукраїнського національного університету ім.В.Даля.

*Стаття подана  
01.12.2010*

## ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ОДЕРЖАННЯ АНТИОЖЕЛЕДНОЇ КОМПОЗИЦІЇ ІЗ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА СОДИ

Досліджена можливість здобуття рідкої антиожеледної композиції на основі дістиллерної рідини - відходу виробництва кальцинованої соди. Проведені корозійні випробування зразків вуглецевої сталі в розчинах дістиллерної рідини з добавками інгібіторів, вивчена фітотоксичність таких композицій. На основі досліджень запропонований склад антиожеледної композиції. Рис. 5, табл.3, бібліографія – 7

*Ключові слова: антиожеледні реагенти, дістиллерна рідина, інгібітори корозії, фітотоксичність*

**Постановка проблеми** Найбільш шкідливим відходом виробництва кальцинованої соди аміачним способом є дістиллерна суспензія, яка утворюється в кількості 8 -10 м<sup>3</sup> на 1т соди [1]. Головною складовою відходу є хлориди кальцію та натрію. В даний час ці відходи накопичують у шламонакопичувачах підприємства і в паводок скидають у ріку Сіверський Донець. Шламонакопичувачі - так звані «білі моря», займають сотні гектарів земельних угідь, вони є джерелами інтенсивного забруднення підземних і поверхневих вод мінеральними солями. Площа осередку забруднення підземних вод із сухим залишком понад 1 г/дм<sup>3</sup> дорівнює 12,9 км<sup>2</sup> [2]. На Лисичанському содовому заводі є 2 діючих шламонакопичувача об'ємом 3,7 млн. м<sup>3</sup> ( №3) і 6,0 млн. м<sup>3</sup> ( №4). З 1968 року на заводі діяв цех по випуску твердого хлористого кальцію, який в теперішній час не працює. Доцільно використовувати рідкі відходи в якості антиожеледного матеріалу.

Антиожеледні матеріали (АО) якісно запобігають або усувають льодоутворення на дорожних і тротуарних покриттях, що робить можливим використання доріг і тротуарів за будь-яких погодних умов. До найбільш загальноприйнятих хімічних АО в наш час відносять хлористий натрій, хлористий магній і хлористий кальцій. В той же час, вживання хлоридів металів як засобів боротьби з обмерзанням, має ряд негативних моментів. Ці солі визивають корозію металу, перш за все днищ автомобілів. Крім того, остаточні концентрації хлоридів пригноблюють міську фауну (траву, кущі). Тому дослідницька активність в області хлоридних антиожеледних препаратів направлена на використання добавок, які знижують негативні наслідки від вживання хлоридів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Велика увага приділяється введенню до складу АО інгібіторів корозії. В якості інгібіторів вводять неорганічні солі: нітрит, борат натрію, фосфати, включаючи триполіфосфат і фосфонати, карбонати і силікати лужних металів, солі органічних кислот: глюконової, лимонної, винної, цукрової, аспартової, фтінової, бензойної [3,4]

Велику групу інгібіторів корозії, запатентованих як добавки до антиожеледних препаратів, складають всілякі азотутримуючі сполуки. Серед них можна виділити наступні: уротропін, триетаноламін, солі четвертичного амонію, поліетиленполіамін [5]. Частка інгібіторів корозії, що рекомендується в антиожеледних композиціях складає від 0,05 до 5% мас. Їх використовують як в розсолах, так і в твердих антиожеледних препаратах.

Для компенсації пригноблюючої дії хлоридів на міську флору до складу антиожеледних композицій часто вводять азотне добриво – карбамід.

**Метою статті** є дослідження можливості здобуття рідкої антиожеледної композиції на основі відходів Лисичанського содового заводу.

**Матеріали та результати дослідження** Для експериментів використовували дістиллерну рідину із шламонакопичувача, уротропін, триетаноламін, відходи виробництва пентаерітриту. Пентаерітрит отримують методом альдольної конденсації формальдегіду з ацетальдегідом при каталізі лугами і надлишку формальдегіду. У виробництві утворюється 3,8 т/т відходу, який містить 19% форміату натрію, 10% пентаерітриту і домішок, має щільність 1,2 г/см<sup>3</sup>, рН 5-7. Виробництво пентаерітриту діє на Рубіжанському хімічному заводі «Заря». Сировину аналізували, використовуючи загальноновживані методики.

В таблиці 1 наведені дані про склад і основні показники стічних вод (дістиллерної рідини) зі шламонакопичувача №4 Лисичанського содового заводу

Т а б л . 1

Склад і основні показники стічних вод зі шламонакопичувача №4 Лисичанського содового заводу

Найменування показників	Значення показників
1 Зовнішній вигляд	Безбарвна прозора рідина
2 Щільність, г/см <sup>3</sup>	1,13
3 Водневий показник рН, одиниць	8,5
4.Вміст мінеральних солей по залишку після прожарення, %	20
5 Вміст CaCl <sub>2</sub> , %	13
6 Вміст NaCl, %	7

До складу рідкої антижелезної композиції у дослідах включали дістиллерну рідину та відход виробництва пентаерітриту в кількості від 0,25 до 1% .

Корозійні випробування. Випробування вуглецевої сталі на хімічну стійкість в середовищі антижелезної композиції проводили в лабораторних умовах. Для досліджень були використані зразки вуглецевої сталі (сталь 3) розміром 50мм x 20 мм, товщина зразку - 3мм. Виготовлення, обробку зразків здійснено відповідно до вимог [6]. Зважування зразків проводили на аналітичних вагах з точністю до 0,0002. Зважені зразки сталі занурювали у дістиллерну рідину з добавками і витримували на протязі 500-650 годин. Періодично реєстрували значення рН розчину, зміну його кольору, зовнішній вигляд зразків. Після закінчення витримки зразки відмивали водою від розчину, очищали від продуктів корозії чорнильною гумкою і зважували.

В ході всіх дослідів відмічена зміна значення рН розчину в сторону більш кислої за рахунок реакції надлишкового луку (гідроокису кальцію в дістиллерній рідині) з вуглекислим газом повітря. На поверхні розчинів спостерігалось утворення плівки солей (карбонатів кальцію). В ході випробувань при зміні значення рН нижче 7,5 до розчину додавали 44% водний розчин гідроокису натрію до рН 8,5.

Оцінка отриманих результатів.

Всі зразки, що пройшли корозійні випробування, піддавали візуальному огляду за допомогою лупи з 8- кратним збільшенням для встановлення характеру корозії. Основним показником швидкості рівномірної корозії металу є показник вагової корозії (К), це відношення зміни маси зразка до одиниці поверхні за одиницю часу (г/м<sup>2</sup> годину), який розраховують за формулою [7]

$$K = \frac{m_0 - m_1}{F \times t}, \text{ г /м}^2 \text{ годину,} \quad (1)$$

де  $m_0$  - первинна маса зразку, г

$m_1$  – маса зразку після корозійних випробувань, г

F – поверхня зразку, м<sup>2</sup>

t – тривалість випробувань, годин

Швидкість корозії на проникненість (показник глибинної корозії  $\pi$ ) розраховують за формулою:

$$\pi = \frac{8,76 \times K}{\gamma}, \text{ мм /год;} \quad (2)$$

де  $\pi$  - проникненість, мм/год,

$K$  – показник вагової корозії, г/м<sup>2</sup> годину,

$\gamma$  - щільність металу, г/ см<sup>3</sup> (для вуглецевої сталі 7,65 г/ см<sup>3</sup>)

Коефіцієнт 8,76 - це кількість годин у рік (8760), поділених на 1000.

Оцінку ефекту дії інгібіторів проводять по таких показниках: ступінь захисту і коефіцієнт гальмування корозії. Коефіцієнт гальмування показує, у скільки разів зменшується швидкість корозії в результаті дії інгібітору, цей коефіцієнт обчислюють за формулою:

$$V = \frac{i}{i^1}, \quad (3)$$

де  $i$  – швидкість корозії без інгібітора, мм/год

$i^1$  - швидкість корозії у присутності інгібітора, мм/год

Ступінь захисту ( $Z$ ) характеризує повноту придушення корозії і подається у відсотках:

$$Z = \frac{i - i^1}{i} \times 100, \% \quad (4)$$

На рисунках 1,2 наведені дані про зміну показника глибинної та вагової корозії сталі в антиожеледній композиції з добавками відходу виробництва пентаерітриту. Із даних видно, що ефект дії інгібітору зростає при рості кількості добавки відходу від 0,25% до 0,5-1%. Коефіцієнт гальмування найвищий при використанні 1% відходу і складає 7,4, ступінь захисту-86,4%.

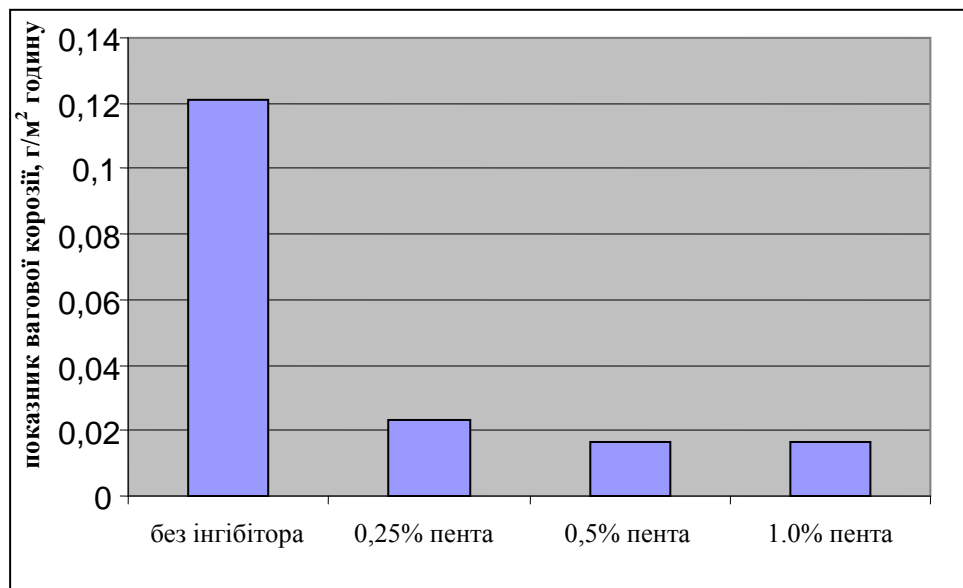


Рис. 1. Зміни показника вагової корозії сталі у антиожеледній композиції з добавками відходу виробництва пентаерітриту

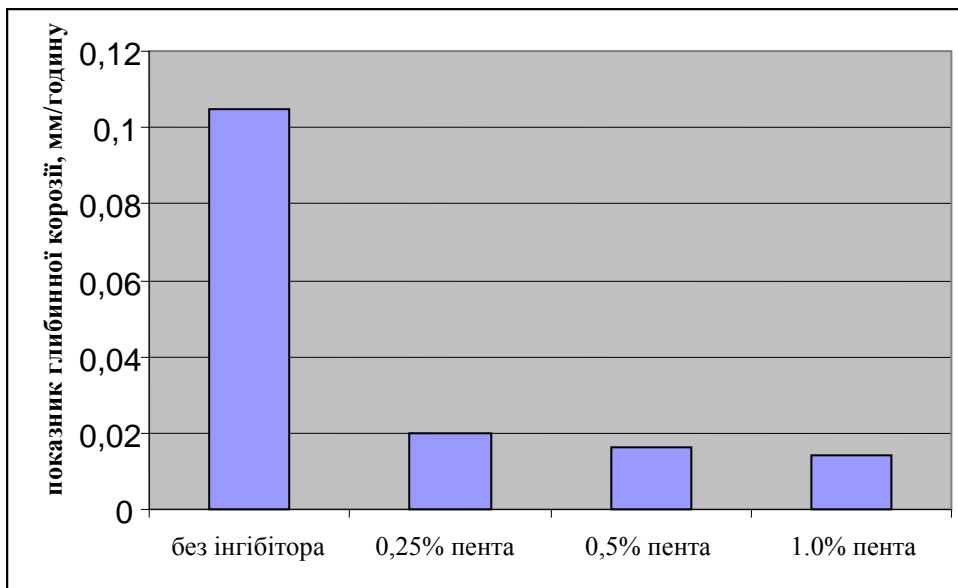


Рис. 2. Зміни показника глибинної корозії сталі у антижезедній композиції з добавками відходу виробництва пентаерітриту

Для порівняння паралельно були проведені корозійні випробування антижезедної композиції з відомими із літератури інгібіторами корозії - суміші уротропіну і триетаноламіну в кількості по 0,5% кожного. В цих дослідах коефіцієнт гальмування склав 7,7, ступінь захисту-87%. Із одержаних даних можна зробити висновок, що відход виробництва пентаерітриту може бути застосований в якості інгібітора корозії.

Дослідження фітотоксичности антижезедної композиції.

В стаканчики з ґрунтом, який відібрали біля автомобільної дороги і зросили антижезедної композицією в різних кількостях, було висіяно насіння вівсу. В подальші дні експерименту спостерігали за схожістю, темпами росту рослин, вимірювали їх середню довжину. Після 25 діб вирощування рослин було виконано ваговий аналіз кількості біомаси наземної частини і коріння у випробуваннях. Для цього рослини вимивали із ґрунту, ретельно видаляли ґрунт із коріння обмиваючи їх водою, висушували фільтровальною бумагою. Відокремлювали коріння і наземную частину, зважували на аналітичних вагах.

Для дослідження впливу концентрації дістиллерної рідини на ріст рослин ґрунт зросили дістиллерною рідиною із розрахунку, щоб кількість  $\text{CaCl}_2$  змінювалася від 0 до  $375 \text{ г/м}^2$  площі ґрунту. Кількість композиції знайдено на основі кріоскопічних показників. Одержані дані наведені в таблиці 2 і на рисунку 3.

Т а б л . 2

Вплив концентрації дістиллерної рідини на ріст рослин

Кількість розчину $\text{CaCl}_2$ , $\text{г/м}^2$	Вага коріння, % від контролю	Вага наземної частини, % від контролю
0	100	100
75	71,8	94,3
150	67,6	85,8
225	64,2	78
300	51,7	76,6
375	43,6	74,2

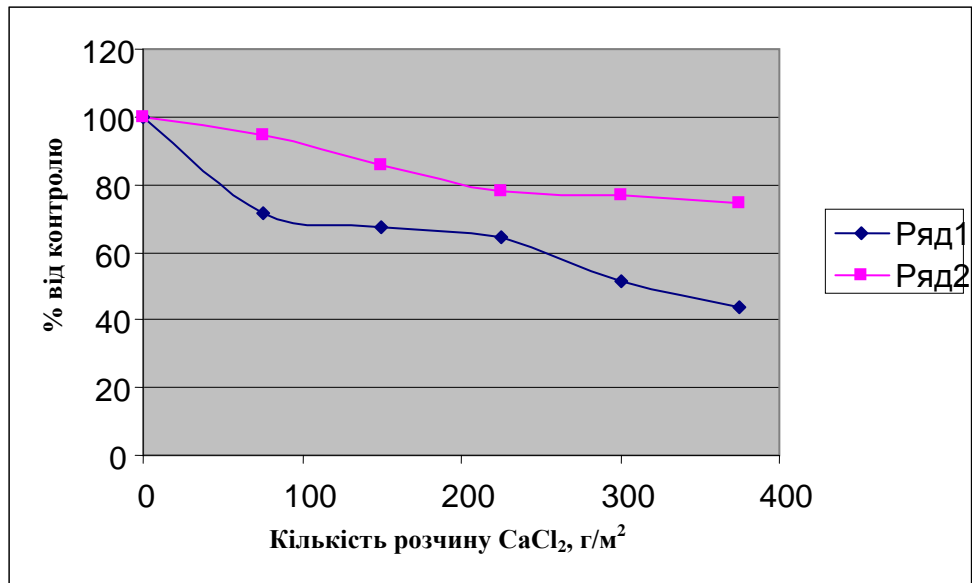


Рис. 3. Залежність ваги коріння віссу ( ряд 1) і наземної частини ( ряд 2) від кількості розчину CaCl<sub>2</sub> (в процентах до контролю - без антижеледної композиції)

Із одержаних результатів можна зробити такі висновки: застосування дістиллерної рідини в якості антижеледного реагенту пригнічує рост рослин. При збільшенні кількості дістиллерної рідини на 1м<sup>2</sup> поверхні ґрунту до 375 г/м<sup>2</sup> вага коріння зменшується до 43,6%; вага наземної частини - до 74,2%, висота наземної частини - до 79,6%. Таким чином видно, що більше страждає коріння рослин.

У другій серії проводили дослідження фітотоксичності розчину дістиллерної рідини при кількості 300 г/м<sup>2</sup> з різними антикорозійними добавками, тобто антижеледної композиції. Одержані дані наведені у таблиці 2 і рисунку 4.

Табл. 3

Вплив антижеледної композиції на рост рослин

Назва антикорозійної добавки	Вага коріння, % від контролю	Вага наземної частини, % від контролю	Висота наземної частини, % від контролю
Без добавки	51,7	85,8	90,6
1% відходу пентаерітриту	28,3	67,2	79,2
ТЕА і уротропін	23,3	59,3	72,8

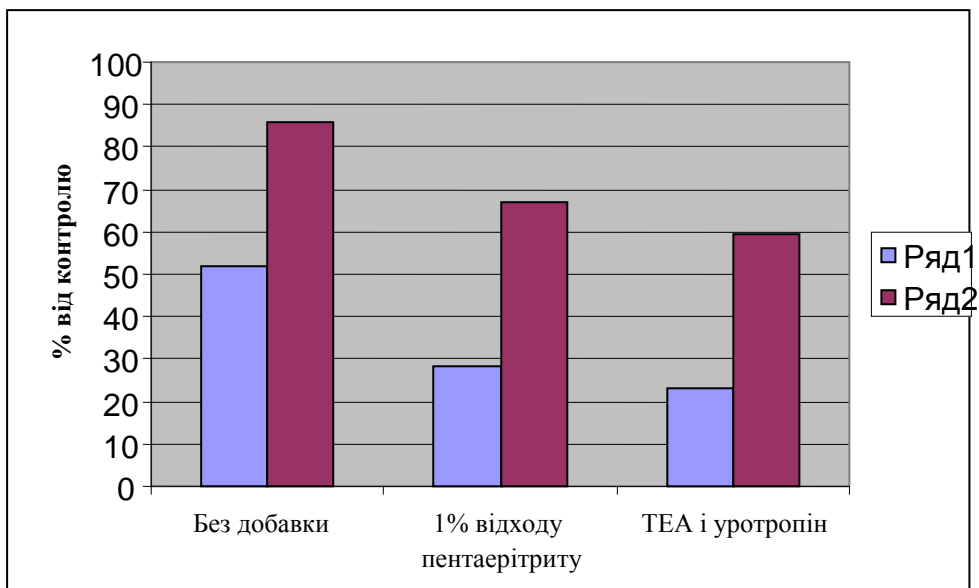


Рис 4. Вплив антижелезної композиції на ріст рослин, ряд 1- вага коріння, ряд 2- вага наземної частини рослин

Одержані дані показують, що використання відходу виробництва пентаерітриту в якості антикорозійної добавки має менший фітотоксичний ефект, ніж використання суміші триетаноламіна (TEA) і уротропіна.

З метою нейтралізації фітотоксичної дії антижелезної композиції проведено низку дослідів з використанням карбаміду як добавки в композицію. В цих випробуваннях ґрунт зрощували антижелезною композицією в кількості 300 г/м<sup>2</sup>. До складу композиції входила дистиллерна рідина, 1% відходу виробництва пентаерітриту і карбамід у кількості від 0,25 до 1% від маси композиції. Одержані дані наведені на рисунку 5

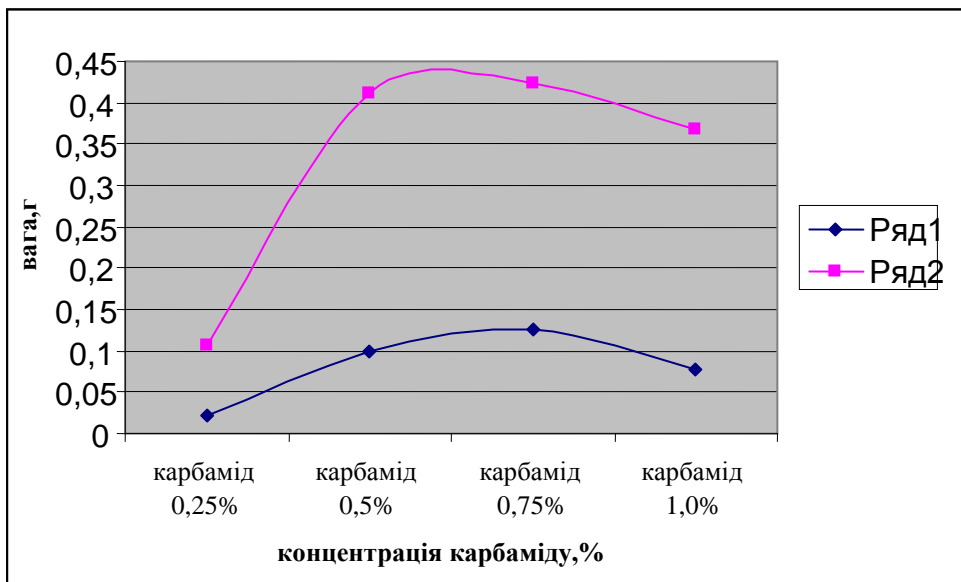


Рис 5. Вплив кількості карбаміду у складі антижелезної композиції на ріст рослин: ряд 1- вага коріння, ряд 2- вага наземної частини

Результати показують, що концентрація карбаміду 0,75% є оптимальною. Вага коріння і наземної частини збільшується у 4-6 разів. При подальшому зростанні кількості карбаміду відмічено зниження ваги коріння і наземної частини рослин.

На підставі проведених досліджень і отриманих даних можна зробити наступні висновки.

Вивчена можливість здобуття рідкої антижелезної композиції на основі дістилерної рідини. Антижелезні властивості рідкої композиції були підтверджені випробуваннями. Встановлено, що для досягнення необхідної міри захисту металів від корозії при приготуванні рідкої антижелезної композиції доцільно використовувати добавку відходу виробництва пентаеритриту в кількості 1% від ваги дістилерної рідини. Для зниження негативної дії на рослини до складу композиції необхідно додавати 0,75% карбаміду.

Антижелезна композиція такого складу дешева за рахунок використання відходів виробництв, має понижено корозійну активність і може використовуватися при температурах до мінус 15<sup>0</sup>С. Утилізація відходів виробництва дозволить вирішити екологічні проблеми міст Лисичанська і Рубіжного, запобігти скиданню мінералізованих стічних вод в річку Сіверський Донець.

### Література

1. Зайцев И.Д. Производство соды / Зайцев И.Д., Ткач Г.А., Стоев И.Д.- М. Химия, 1981.-312 с.
2. Річний звіт про стан навколишнього природного середовища в Луганській області у 2008 році. Під ред. Савченко А.О. - Луганськ, 2009.-137с.
3. Пат. 99117639 Российская федерация, МКИ С09К3/18. Антигололедная композиция/ Орлова В.Т. и др.; заявитель и патентообладатель Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, №99117639; опубл. 27.06.2001
4. Пат. №2301243 Российская Федерация МПК С09К3/18(2006.01). Антигололедный состав.- № 2005134072/04, заявл. 2005.11.03; опубл. 2007.06.20
5. Пат.2006116729 Российская федерация, МПК С09К3/18 (2006.01) Жидкий антигололедный состав.- № 2006116729/04; заявл. 2006.05.02; опубл. 2007.11.20
6. РД 24.200.16-90 Методы коррозионных испытаний металлических материалов. Основные требования. Оценка результатов. ОАО НИИхиммаш, М., 1990. - 17с.
7. Коррозия. Справ. изд. Под ред. Л.Л. Шрайера. Пер. с англ. – М.- Металлургия, 1981, 632 с.

В статье исследована возможность получения жидкой антигололедной композиции на основе дистиллерной жидкости - отхода производства кальцинированной соды. Проведены коррозионные испытания образцов углеродистой стали в растворах дистиллерной жидкости с добавками ингибиторов, изучена фитотоксичность таких композиций. На основе исследований предложен состав антигололедной композиции. Рис. – 5, таблиц – 3, ист – 7

*Ключевые слова: антигололедные реагенты, дистиллерная жидкость, ингибиторы коррозии, фитотоксичность.*

In the article possibility of poluchniya of liquid icestorm composition is investigational on the basis of distillernoy jew of bone - from motion of production of calcinated sody. Provedeny corrosive tests of standards of carbon steel in races tvorakh distillernoy jew of bone with additions of inhibitors, the phytotoxicity of such composition is studied. On the basis of researches composition of icestorm is offered. Fig. – 5, tables – 3, ist -7

*Key slovaa: icestorm reagents, distillernaya liquid, inhibitors of corrosion, phytotoxicity.*



**Назаренко Олена Семенівна** - кандидат хімічних наук, доцент кафедри екології Інституту хімічних технологій Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Рубіжне)

**Сав'як Роман Прокопович** - кандидат хімічних наук, доцент кафедри технології високомолекулярних сполук Інституту хімічних технологій Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля (м. Рубіжне)

*Стаття подана  
20.12.2010*

А.П. Поливянчук, Е.А. Холкина,  
Е. А. Гречишкина

Луганск

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ САЖЕВОГО ФИЛЬТРА С УЧЕТОМ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА УЛАВЛИВАЕМЫХ ЧАСТИЦ

Представлены результаты комплексного оценивания эффективности дизельного сажевого фильтра по показателям счетной, поверхностной и массовой концентраций твердых частиц с учетом их дисперсного состава.

*Ключевые слова:* дизель, твердые частицы, сажевый фильтр, эффективность, дисперсный состав, концентрация.

### Введение

Сажевые фильтры являются наиболее распространенным средством нейтрализации дизельных твердых частиц (ТЧ) – второго по значимости (после оксидов азота  $\text{NO}_x$ ) загрязняющего вещества в выхлопе дизеля [1]. Для оценки эффективности работы фильтра традиционно используют критерий относительного снижения массовой концентрации –  $C_m$  (или выброса) ТЧ в результате процесса фильтрации. Данный подход к оцениванию эффективности сажевых фильтров не является совершенным, так как он не учитывает изменений счетной –  $C_n$  (количество ТЧ в единице объема) и поверхностной –  $C_s$  (суммарная площадь поверхности ТЧ в единице объема) концентраций ТЧ. При этом величины  $C_n$  и  $C_s$  являются важными токсикологическими показателями, характеризующими степень негативного влияния дизельных частиц на организм человека и окружающую среду. Как показывает ряд исследований [2-4], сажевые фильтры с высокой эффективностью, определенной по критерию  $C_m$ , пропускают значительное количество мелкодисперсных частиц, в том числе наиболее опасных – наночастиц (диаметром менее 50 нм [5,6]), обладающих высокой проникающей способностью в систему дыхания человека. В данной работе предлагается комплексный подход к оцениванию эффективности сажевых фильтров с использованием 3-х критериев - величин  $C_m$ ,  $C_n$  и  $C_s$ .

### Постановка задачи

Целью исследований являлось комплексное оценивание эффективности сажевых фильтров дизелей по показателям счетной, поверхностной и массовой концентраций ТЧ с учетом их дисперсного состава. Для достижения данной цели решены следующие задачи: 1) анализ экспериментальных данных о количестве, площади поверхности и массе дизельных частиц различных размеров; 2) разработка методики комплексной оценки эффективности сажевого фильтра; 3) исследование эффективности работы фильтра с использованием разработанной методики.

### Экспериментальные данные о значениях величин $C_m$ , $C_n$ и $C_s$

Результаты экспериментальных исследований о влиянии размеров частиц на счетную, поверхностную и массовую концентрации, обобщенные для разных типов дизелей, представлены на рис. 1 [6].

При рассмотрении дисперсного состава ТЧ выделяют 3 диапазона размеров частиц: фракцию ядер – 3...30 нм; фракцию накопления – 30...500 нм и фракцию крупных частиц – диаметр более 1000 нм (1 мкм). Представленные на рис. 1 графики функций плотностей распределения относительных счетной, поверхностной и массовой концентраций ТЧ отражают следующие свойства дизельных частиц:

- на фракцию ядер приходится наибольшее количество ТЧ – 88 % от общего их числа, 6 % суммарной площади поверхности и 2 % от общей массы; при этом 85 % частиц, 4,5 % суммарной поверхности и 1,5% массы приходится на диапазон  $10 \pm 5$  нм, в котором кривые  $c_n^0$  и  $c_s^0$  имеют максимум;

- относительные доли частиц фракции накопления составляют: 12 % от общего количества, 94 % от суммарной площади поверхности и 88 % от общей массы; в данной фракции наибольшее количество частиц (11,5 %) находится в диапазоне 30...200 нм, кривые  $c_s^0$  и  $c_m^0$  принимают максимальные значения в диапазонах 100...200 нм и 150...300 нм, соответственно;

- фракция крупных частиц характеризуется наименьшими значениями численности – менее 0,05 %, суммарной площади поверхности – менее 0,5% и массы – 10%.

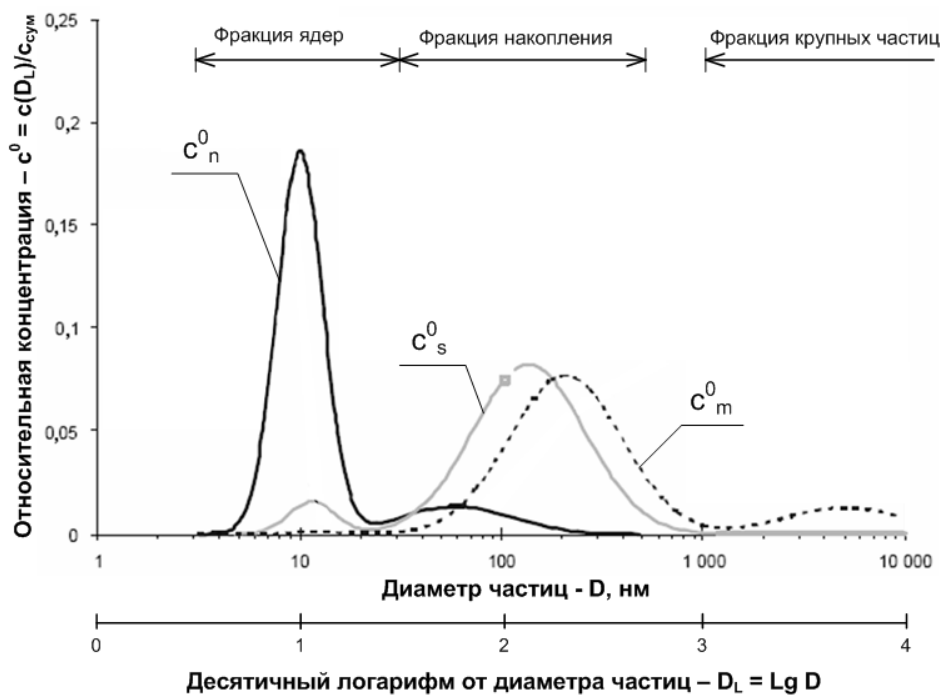


Рис. 1. Функции плотностей распределения относительных счетной, поверхностной и массовой концентраций ТЧ

Данные, представленные на рис. 1, кроме информации о значениях функций  $c_n^0$ ,  $c_s^0$  и  $c_m^0$ , отражают их соотношение и позволяют по изменению одной функции оценивать изменения двух других. Данное свойство было использовано при разработке представленной ниже методики.

### Методика комплексной оценки эффективности сажевого фильтра

Предлагается оценивать эффективность применения фильтра по 3-м показателям относительного снижения счетной, поверхностной и массовой концентраций, определяемых с помощью следующей обобщенной формулы:

$$\mathcal{E}_p = \frac{(C_p)_{n/f} - (C_p)_f}{(C_p)_{n/f}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $\mathcal{E}_p$  – эффективность фильтра по показателю p, под которым понимают: количество – n, поверхность – s или массу – m ТЧ.

$(C_p)_{n/f}$  и  $(C_p)_f$  – суммарные относительные концентрации частиц, находящихся в рассматриваемом диапазоне размеров, при отсутствии сажевого фильтра и при его использовании.

Для определения величин  $C_p$  используется формула:

$$C_p = \int_{D_{L1}}^{D_{L2}} c_p(D_L) \cdot dD_L, \quad (2)$$

где  $D_{L1}$ ,  $D_{L2}$  – начальное и конечное значения интервала размеров (диаметров) ТЧ по шкале десятичных логарифмов;

$c_p(D_L)$  – функция плотности распределения показателя  $p$ .

Функция  $c_p(D_L)$  определяется на основе обобщенных функций распределения  $c_n^0$ ,  $c_s^0$  и  $c_m^0$ , представленных на рис. 1, а также известной экспериментальной функции распределения одного из показателей (обозначаемого  $p^*$ ) –  $c_{p^*}^r(D_L)$ :

$$c_p(D_L) = K_r(D_L) \cdot K_p(D_L) \cdot c_{p^*}^r(D_L), \quad (3)$$

где  $K_r(D_L)$  – функция коррекции экспериментальных данных;  $K_p(D_L)$  – функция перехода от показателя  $p^*$  к показателю  $p$ .

Функции  $K_r$  и  $K_p$  находятся с помощью выражений:

$$K_r(D_L) = \frac{c_{p^*}^r(D_L)}{c_p^0(D_L)}; \quad (4)$$

$$K_p(D_L) = \frac{c_p^0(D_L)}{c_{p^*}^0(D_L)}, \quad (5)$$

где  $c_p^0(D_L)$  – обобщенное значение функции плотности распределения для показателя  $p$ ;  $c_{p^*}^0(D_L)$  – обобщенное значение функции плотности распределения для показателя  $p^*$ .

Так, например, если известна экспериментальная зависимость  $c_n^r(D_L)$ , то определяемая с помощью выражения (3) функция плотности распределения массовой концентрации имеет вид:

$$c_m(D_L) = K_r(D_L) \cdot K_m(D_L) \cdot c_n^r(D_L) = \frac{c_n^r(D_L)}{c_n^0(D_L)} \cdot \frac{c_m^0(D_L)}{c_n^0(D_L)} \cdot c_n^r(D_L).$$

### Результаты исследований и их анализ

С помощью предложенной методики проведена комплексная оценка эффективности сажевого фильтра дизеля грузового автомобиля, для которого была известна зависимость счетной концентрации от размера частиц [3] (рис. 2).

В исследуемом диапазоне размеров частиц – 20...600 нм выделены два участка: 1-й – 20...40 нм – участок, на котором наблюдалось увеличение счетной концентрации после применения фильтра, и 2-й – 40...600 нм – участок, на котором счетная концентрация снижалась.

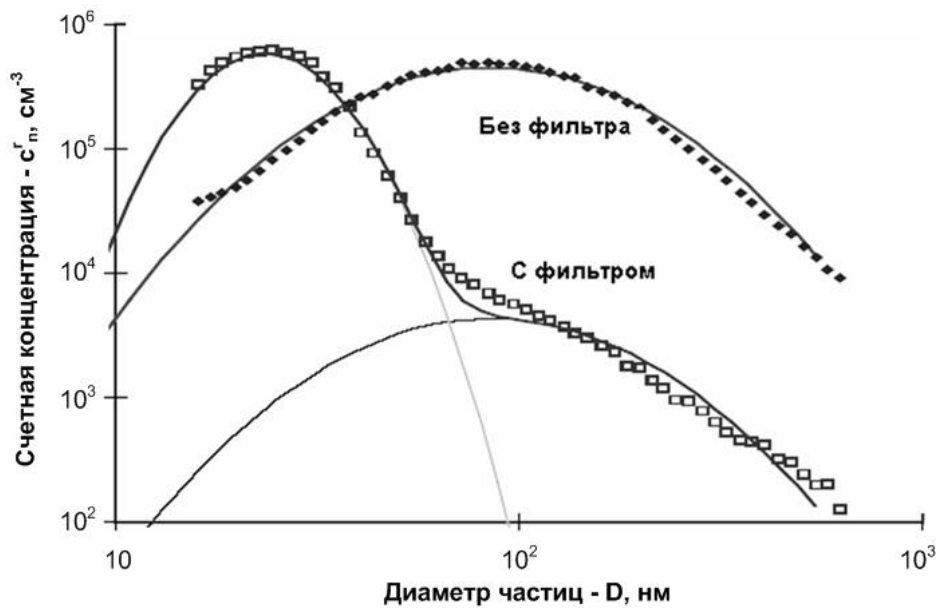


Рис. 2. Результаты экспериментальных исследований счетной концентрации ТЧ

На рис. 3 и 4 представлены результаты определения функций  $c_s$  и  $c_m$ , полученные с помощью выражения (3), и показателей эффективности фильтра, вычисленных с помощью выражения (1). При вычислении интегралов (2) использовался метод трапеций [7].

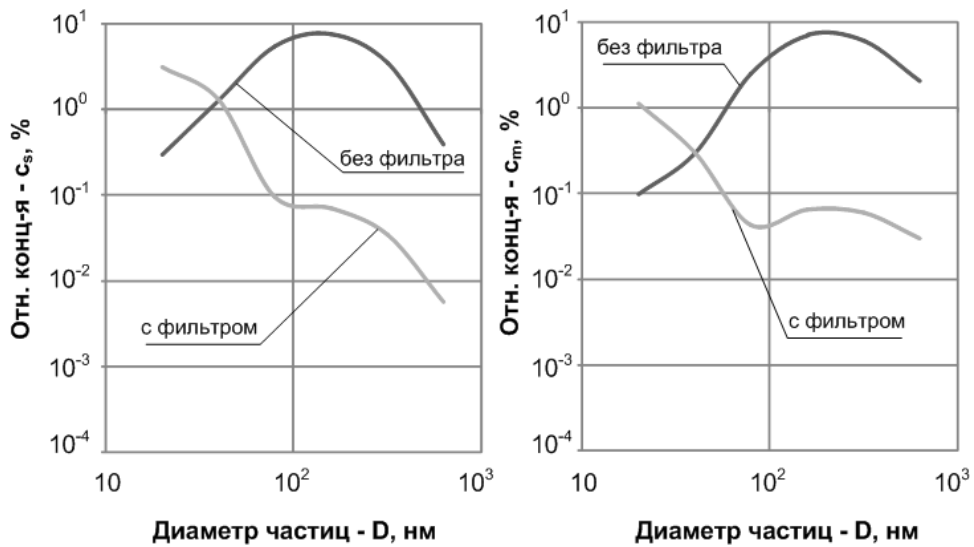


Рис. 3. Значения функций плотностей распределения  $c_s$  и  $c_m$  для исследуемого фильтра

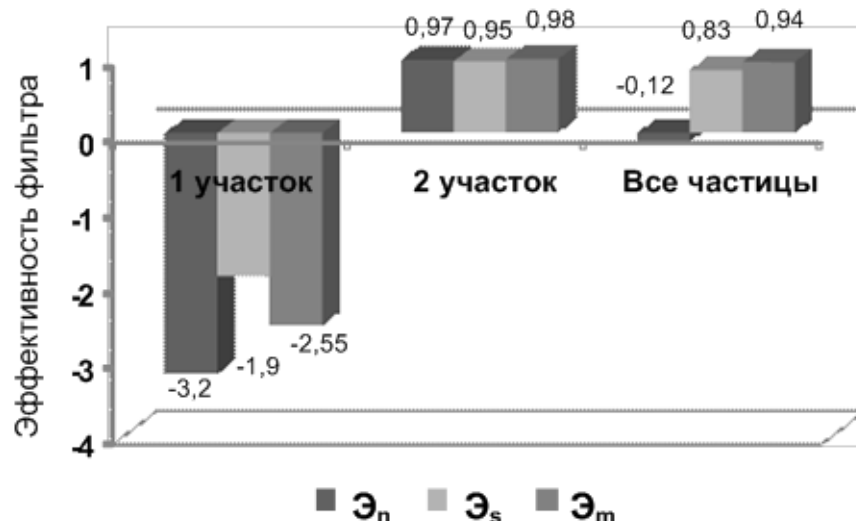


Рис. 4. Показатели эффективности исследуемого сажевого фильтра

Результаты исследований показывают:

- количество ТЧ: на 1-м участке - возрастает в 4,2 раза, на 2-м участке – уменьшается в 30,5 раз, во всем диапазоне – увеличивается на 12 %;
- площадь поверхности частиц: на 1-м участке - увеличивается в 2,9 раза, на 2-м участке – уменьшается в 18,2 раза, во всем диапазоне – снижается в 5,9 раза;
- масса ТЧ: на 1-м участке - возрастает в 3,55 раза, на 2-м участке – уменьшается в 49,1 раза, во всем диапазоне – снижается в 16,1 раза.

Таким образом, при значительном уменьшении суммарной поверхности и массы всех частиц общее их количество возрастает за счет увеличения числа мелкодисперсных частиц с размерами 20...40 нм. При этом относительная доля таких частиц при прохождении через фильтр возрастает с 26% до 98%.

#### Вывод

При оценивании эффективности работы сажевых фильтров необходимо учитывать фракционный состав улавливаемых частиц. Комплексная оценка эффективности исследуемого фильтра показала, что при значительном снижении массовой концентрации полного потока ТЧ – на 93,8 % существенно возросли количество – в 4,2 раза, площадь поверхности – в 1,9 раза и масса – в 2,55 раза мелкодисперсных частиц с размерами 20...40 нм.

#### Литература

1. Поливянчук А.П., Щепак Е.Ю., Титова Е.Ю. Исследование степени токсичности вредных веществ, выбросы которых нормируются европейскими экологическими стандартами // Сб. научн. трудов Национального технического ун-та „ХПИ“. Харьков: НТУ „ХПИ“. – 2007. - №2. – С. 112-115
2. Mayer A. VERT: Curtailing emissions of diesel engines in tunnel sites // Technical reports. -April 1998. - 13 pp.
3. Burtcher H., Literature Study on Tailpipe Particulate Emission Measurement for Diesel Engines // done for the Particle Measurement Programme (PMP) for BUWAL/GRPE . Fachhochschule Aargau, University of Applied Science, Windisch, Switzerland. - March 2001. – 45 p.
4. Звонов В.А., Корнилов Г.С., Козлов А.В., Симонова Е.А. Оценка и контроль выбросов дисперсных частиц с отработавшими газами дизелей. – М.: Издательство Прима-Пресс-М, 2005. – 312 с.
5. Health assessment document for diesel engine exhaust / EPA/600/8-90/057F. — National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency. — Washington, DC. — May 2002. — 669 p.

6. Kittelson D.B., Megan A., Watts W.F. Review of diesel particulate matter sampling methods: Final Report. — University of Minnesota, Minneapolis, MN. - 1999. — 63 p.
7. Стенцель Й.І. Метрологія та технологічні вимірювання в хімічній промисловості, аналітичні прилади та методи контролю. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2001. – 269 с.

Наведено результати комплексного оцінювання ефективності дизельного сажового фільтра за показниками рахункової, поверхневої і масової концентрацій твердих частинок з врахуванням їх дисперсного складу.

*Ключові слова: дизель, тверді частинки, фільтр сажа, ефективність, дисперсний склад, концентрація.*

The results of complex evaluation efficiency diesel soot filter are presented on the indexes account, superficial and mass concentrations of particulate matters taking into account their dispersible composition.

*Key words: diesel, particulate matter, particulate filter efficiency, particulate composition, concentration.*

Рецензент – доц. кафедри екології ВНУ ім. В.Даля, к.т.н.Черных В.И.

*Стаття подана  
23.12.2010*

**РОЛЬ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ В РЕШЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ**

Ресурсосбережение, это совокупность мероприятий по переводу технологических процессов производства на бережливое и эффективное использование сырья, материалов, труда, капитала, необходимых для создания материальных ценностей. Оно обеспечивается посредством использования новых технологий и материалов приводящих к снижению фондоемкости и материалоемкости продукции; повышению производительности труда; сокращению затрат живого и овеществленного производства; повышению качества продукции; рациональному применению работы менеджеров и маркетологов; использованию выгод международного разделения труда и др. Совокупно эти мероприятия приводят к снижению антропогенного воздействия производственных комплексов на окружающую среду, что опосредовано ведет к решению экологических проблем.

*Ключевые слова: ресурсосбережение, экологические проблемы, энергоэффективность, возобновляемые источники энергии, техногенные отходы, инновационные технические решения, «энерговозможные» отходы, экологически чистые материалы*

**Постановка проблемы.** Высокая энергоемкость, отягощающаяся зависимостью экономики Украины от значительных объемов импортных энергоносителей (газа-64%, нефти-27%, угля-12%), закупаемых по мировым ценам, для нужд промышленного производства и ЖКХ, сложная экологическая ситуация в стране, которая в значительной мере обусловлена вредными выбросами в атмосферу традиционной металлургии (доменное производство) и энергетики, работающей за счет сжигания ископаемого органического топлива. Это, в свою очередь, вызывает необходимость разработки и осуществления планомерной государственной политики в области ресурсосбережения, во всех сферах общественного производства Украины, комплексно учитывающей возможности решения, таким образом, и экологических проблем. Особенно остро такая проблема стоит в регионах, куда действия всевозможных «центральных» программ по данной тематике не всегда доходят из-за недостатка финансовых средств.

**Цель и задачи исследований.** Зачастую мероприятия направленные на перевод технологических процессов в ресурсо- и энергосберегающие режимы вызываются причинами экономического характера и не учитывают возможностей связанных с сопутствующим решением экологических проблем, что снижает их эффективность и не позволяет в полной мере реализовать потенциал нововведений. По этой причине целесообразно рассмотреть и показать тесную логическую связь и роль процессов и процедур ресурсосбережения в решении экологических проблем.

**Основная часть выполнения работы.** При последовательном проведении политики энергосбережения и повышении энергоэффективности производства в Украине значительное внимание может отводиться и связанной с этим охране окружающей среды. При определении потенциала энергосбережения в Украине и основных направлений повышения ресурсо- и энергоэффективности ее общественного производства необходимо учитывать их положительное влияние на окружающую среду.

Можно ожидать, что при уменьшении ресурсо- и энергопотребления снизится загрязнение окружающей среды. Внедрение ресурсо- и энергоэффективных технологий, машин, оборудования, материалов и бытовых электроприборов, проведение активной энергосберегающей политики, использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии, альтернативных видов топлива и т.п. разрешат обеспечить ежегодную экономию или замещение энергоресурсов, добыча и использование которых на основе



"грязных" затратных технологий ухудшают экологическое состояние окружающей среды в регионах.

Действующая в Украине Комплексная государственная программа энергосбережения Украины (КГПЭ), одним из существенных рычагов в решении указанных проблем, определяет применение не традиционных видов энергии: солнечное излучение, ветер, биомассу, гидроэнергию малых рек, тепловую энергию окружающей среды, энергию морских волн, термальных вод, а также тепловые сбросы промышленности и т.п., которые являются перспективными для эффективного использования на территории Украины. Ресурсы нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ) существуют постоянно и могут быть использованы в энергетике намного эффективнее, чем традиционное органическое топливо.

Следует отметить, что указанные возобновляемые источники энергии являются практически неисчерпаемыми, их потенциал почти неизменен во времени, теоретически их добыча и транспортирование не вызывает специальных осложнений, а их использование для нужд энергетики практически не вызывает каких-либо загрязнений окружающей среды. Проблема состоит в их «рассеянности», технологической сложности аккумуляции и трансформации.

В Украине есть все предпосылки для интенсивного развития использования нетрадиционных источников энергии. Создана информационно-аналитическая система оценки потенциала возобновляемых и вторичных источников энергии Украины – "Атлас энергетического потенциала возобновляемых источников энергии Украины". В соответствии с приведенной в указанном "Атласе..." информацией, Украина имеет значительные возможности для повышения уровня энергообеспечения областей своей экономики за счет использования не традиционных видов энергии. При этом, в значительной мере, может быть уменьшено отрицательное влияние на экологическое состояние окружающей среды [1].

Другое направление ресурсосбережения состоит в применении техногенных отходов. На промышленных предприятиях горно-металлургического комплекса и химической промышленности в Харьковской, Днепропетровской, Донецкой, Запорожской и Луганской областях в технологических процессах возникает значительное количество «энерговозможных» отходов, в виде искусственных и промышленных газов, объемы использования которых необходимо интенсивно использовать для нужд предприятий и регионов, вместо дорогостоящего природного газа.

Значительным источником альтернативного газового топлива является метан угольных месторождений. На текущий момент количество метана, который помещается в угольных пластах Украины, по прогнозам геологоразведки, равняется близко 12 трл. м<sup>3</sup>. Высокая газоносность присущая непосредственно угольным пластам и породам, которые залегают вышнее и ниже угольных пластов. Количество метана, который помещается в таких породах, при условии эффективного использования, может более чем удвоить вышеприведенный показатель. Это говорит и о высоком факторе риска. Угольные шахты Украины считаются наиболее загазованными, а потому и наиболее опасными в мире. В связи с использованием устаревшего или несоответствующего оборудования, огромные объемы метана, которые высвобождаются в походе проведения горных работ, расточительно выбрасываются системами вытяжной вентиляции просто в атмосферу и лишь небольшое количество этого метана отводится контролируемым способом, а еще меньшее количество метана используется для потребительских нужд. [2].

К альтернативному газовому топливу, которое тоже можно использовать, могут быть привлеченные газы, добытые с маленьких газовых, газоконденсатных, нефтегазоконденсатных месторождений. Прогнозные балансовые запасы этих газов составляют 30,9 млрд. м<sup>3</sup>[3].

Через потери в местах хранения и добычи нефти, а так же при её переработке, за истекшие годы, образовались техногенные месторождения в объемах до 2,5 млн. тонн. Ежегодно дополнительная потеря в нефтедобычи составляет 28 тысяч тонн, в нефтепереработке около 0,3 млн. тонн, а с учетом прямо-транспортных операций - до 0,6

млн.тонн. Необходимо проводить работы по изъятию потерянных нефтепродуктов и их повторного использования [3].

Обезвреживание, путем эффективного использования, указанных выбросов не только оказывает содействие улучшению экологического состояния окружающей среды, но и одновременно разрешает, за счет использования указанных НВИЭ, получить дополнительные объемы энергоресурсов. При этом каждая тысяча киловатт-часов электроэнергии, которая вырабатывается из указанных отходов, предотвращает, в среднем, выбросы в атмосферу до 4,2 кг. твердых частичек, 5,65 кг. оксида серы, 1,76 кг. оксида азота, а каждая выработанная гигакалория теплоты - 0,2 кг. твердых частиц, свыше 3 кг. оксидов серы и близко 1 кг выбросов оксидов азота. Это наглядно иллюстрирует взаимосвязь и роль мероприятий по ресурсо- и энергообеспечению с решением экологических проблем.

Общие годовые объемы возобновляемых ресурсов биомассы составляют 115,5 млн.т., из которых возможный энергетический потенциал по биомассе составляет 22,0 млн. т.у.г., а технически доступный энергопотенциал оценивается в 13,2 млн.т у.г. на год [4].

Еще одним направлением энергообеспечения является продукция сельского и лесного хозяйств. На сегодня, лишь 0,3% всех энергоресурсов, которые потребляются в Украине, приходится на такой возобновляемый источник энергии как солома, хотя его излишек в Украине оценивается в 4,85 млн.т. По оценочным расчетам, общий потенциал использования соломы как топлива является достаточным для создания 13 тыс. маленьких теплогенерирующих мощностей (0,1-1,0 МВттеп) плюс 700 теплогенерирующих мощностей для систем централизованного теплоснабжения (1,0-10,0 МВттеп).

Расчетные сырьевые ресурсы отходов древесины в лесном хозяйстве Украины на период до 2015 года составляют около 1080 тыс.м3 ежегодно, при этом отходы при лесных заготовках составляют 837,6 тыс.м3, при деревообработке - 146,6 тыс.м3 кусковых отходов и 96 тыс.м3 мягких отходов (тирсы, опилки и т.п.) [1].

В потенциал энергообеспечения может входить бытовой мусор. В городах и поселках городского типа Украины ежегодно накапливается около 40,0 млн.м3 бытового мусора, а объемы ежегодного накопления промышленных отходов в Украине, в перерасчете на единицу площади, почти на порядок превышают показатели развитых стран, а также России. Учитывая стоимость украинских земель, даже без подсчетов, становится понятной, какие экономические убытки имеет Украина от размещения указанных отходов. Все эти отходы подлежат рациональной переработке и обезвреживанию с получением дополнительных объемов альтернативных энергоносителей.

Украина имеет мощные ресурсы ветровой энергии: годовой технический ветроэнергетический потенциал равняется 30 млрд. квт. год. С помощью ветроустановок в условиях Украины имеется возможность использования 15-19% годового объема энергии ветра через пересечение поверхности ветроколеса, которое дает возможность на получение в перспективных для этого регионах объемов электроэнергии с 1м2 пересечения площади ветроколеса в 800-1000 кВтч/м<sup>2</sup> за год.

Среднегодовое количество суммарной солнечной радиации, которая поступает на 1м<sup>2</sup> поверхности, на территории Украины находится в границах от 1070 кВтгод/м2 в северной части Украины и до 1400 кВтгод/м2 и выше в автономной республике Крым. Этот потенциал солнечной энергии является достаточным для широкого внедрения как теплоэнергетического, так и фотоэлектрического оснащения практически во всех областях.

Гидроэнергетический потенциал малых ГЭС Украины (единичная мощность до 30 МВт) на малых речках оценивается, без учета микро ГЭС и использования водотоков систем технического водоснабжения, в 2300-2400 МВт (12,0-12,5 млрд кВт/ч), что составляет около 28% общего гидропотенциала всех рек Украины, а первоочередный экономически целесообразный и экологически безопасный потенциал (который требует, однако, уточнения - в обычных ситуациях не меньше одного раза в 5 лет, а в исключительных случаях - ежегодно) составляет 600-700 МВт (3-7 млрд. квт. год). Кроме дешевизны

полученной электроэнергии, главным преимуществом является отсутствие топливной составляющей в процессе получения этой электроэнергии при внедрении малых ГЭС, которая дает положительный экономический и экологический эффект.

Наличие на территории Украины значительных ресурсов геотермальной энергии, общий потенциал которых оценивается величиной 438 млрд. кВт/ч за год (что равняется запасам топлива в объеме 50 млн. т у.п.), предопределяет целесообразность развития геотермальной энергетики и использование геотермальной энергии для отопления, водоснабжения и кондиционирования воздуха в жилых и общественных домах и сооружениях в городах и сельской местности, а также для технологического использования глубинного тепла Земли.

В Украине на данное время эксплуатируются теплонасосные системы теплоснабжения общей тепловой мощностью 8 МВт, которые укомплектованы импортными тепловыми насосами или отечественными холодильными установками, которые эксплуатируются в режиме теплового насоса. Ресурсы низкопотенциальной теплоты естественного и техногенного происхождения достаточны для создания теплонасосных систем теплоснабжения общей мощностью до 23 тыс. МВт.

Исходя из этого, ещё постановлением Кабинета Министров Украины от 31.12.97г. №1505 была одобрена и реализуется «Программа государственной поддержки и развития нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, малой гидро- и теплоэнергетики», в которую неоднократно вносились изменения и дополнения (2000, 2003, 2004, 2007гг) для её конкретизации и совершенствования. В этих правительственных документах говорится о необходимости неуклонного увеличения объемов привлечения в топливно-энергетический комплекс Украины нетрадиционных и возобновляемых источников энергии и характерных для каждого региона альтернативных видов топлива [1].

Этими решениями, определены мероприятия по энергосбережению в ведущих областях и сроки их внедрения, которые предусматривают реализацию прогнозных экономически целесообразных показателей потенциала энергосбережения в 2010 году - 58,7-65,7 млн. т у.п., в 2015 году сбережения энергоносителей могут составлять 77,7-93,3 млн. т у.п. Капитальные затраты на реализацию мероприятий должны составлять в 2010г. 33,1-36,5 млрд. грн., в 2015г. - 46,5-52,7 млрд. грн. Стратегической задачей подобных программ является достижение до 2015 года экономии традиционных топливно-энергетических ресурсов за счет использования нетрадиционных источников энергии и альтернативных видов топлива в объеме 8-10% общего потребления энергоресурсов в Украине [1, 2, 4].

К сожалению, через ограниченность целевого финансирования мероприятий этой Программы по государственному бюджету, темпы выполнения предусмотренных ею задач из использования НВИЭ в значительной мере замедлились, а проведение многих перспективных работ по ее выполнению было вообще приостановлено.

При этом одним из основных заданий в указанных программах, которые регламентируют внедрение нетрадиционной энергетики и альтернативных видов топлива, является уменьшение отрицательного влияния на состояние окружающей, соблюдение экологической безопасности производства, транспортирования, сохранения и потребления выработанной энергии.

Развитие сферы альтернативных источников энергии предусматривает также переориентацию значительного количества украинских научно-исследовательских и проектно-конструкторских учреждений, промышленных предприятий на разработку и изготовление конкурентоспособного энергетического оборудования для экологически чистой альтернативной энергетики, которое будет использоваться для создания энергогенерирующих объектов альтернативной энергетики в Украине, а также, в значительной степени, может быть направлено на экспорт. Планируется также направить усилие указанных учреждений на разработку энергоэффективных технологий добычи энергоресурсов из нетрадиционных источников энергии и использование альтернативного топлива. Все это, кроме основного эффекта, дополнительно будет оказывать содействие созданию новых рабочих мест и поддержке отечественного производства.

Можно с удовлетворением отметить, что на сегодня в Украине уже имеются положительные примеры использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии: использование ветровой энергии с помощью ветровых электростанций, солнечной энергии, энергии небольших рек, геотермальной тепловой энергии, искусственных горючих промышленных газов, метана угольных месторождений, сбросового энергетического потенциала, биомассы и добытого из нее биогаза и т.п.. При этом, однако, следует отметить, что некоторым из большинства областей Украины, которые используют НВИЭ, в связи с их климатическими условиями и спецификой развития материально-сырьевой базы, целесообразно, в первую очередь, направлять свои усилия на развитие наиболее оптимальных для них по эффективности направлений использования НВИЭ и создавать демонстрационные объекты из этих направлений.

На текущий момент, за счет внедрения технологий по использованию нетрадиционной энергетики и альтернативных видов топлива, за период 2004 г. - 2010г. без губительного влияния на окружающую среду уже добыта 23,9 млн. т у.т. энергоносителей (в том числе за 2010 год этот показатель составил 9,8 млн. т.у.т). Благодаря этому сэкономлены значительные объемы традиционных энергоносителей и средств из государственного бюджета на их приобретение по импорту.

Финансирование подобных проектов целесообразно осуществлять за счет денежных поступлений, полученных от продажи квот на обезвреживание выбросов парниковых газов и теплового загрязнения окружающей среды, в соответствии с Киотским Протоколом и Рамочной конвенцией ООН об изменении климата. Эти финансовые ресурсы могут быть использованы для разработки и привлечения новейших технологий и материалов, необходимого оснащения и оборудования в сферу энергосбережения, и активное внедрение их в промышленном производстве Украины.

### **Выводы**

Таким образом, основными направлениями в области усовершенствования и реального применения ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий, использование которых, значительно снижает техногенные нагрузки на окружающую среду, могут быть:

1) технологии совместного изготовления тепловой и электрической энергии на действующих объектах электроэнергетики, тепловых котельных установках промышленности, в коммунальной сфере, в системах газоперекачивающих агрегатов. Указанная технология позволяет достичь уменьшения выбросов вредных газов ( $\text{CO}$  и  $\text{NO}^x$ ) за счет усовершенствования технологии использования топлива, которое имеет место при когенерации, а также значительно уменьшить выбросы  $\text{CO}^2$ , в связи с тем, что производство электрической энергии, при этом, будет осуществляться за счет эффективного использования теплоты сгорания топлива на уже действующих объектах, то есть без дополнительного применения энергоресурсов. Это уменьшение выбросов  $\text{CO}^2$  будет достигнуто за счет снижения использования традиционного топлива для производства электроэнергии на ТЭЦ. Такой подход поможет решить и проблему пиковой нагрузки по тепловой и электрической энергии, а также предоставит время для сложных работ по реконструкции объектов большой энергетики.

В целом, за счет когенерационных технологий, может быть достигнуто :

- уменьшение потребления топлива без уменьшения объема производства продукции и предоставление услуг;
- дополнительное производство электрической энергии без применения дополнительных объемов топлива и с себестоимостью такой электроэнергии, в 2-2,5 раза ниже, чем существующая сегодня на электростанциях;
- инвестиции на 1 кВт установленной мощности более чем в 2 раза меньше, чем по другим технологиям;

- возможность привлечения значительной части средств для инвестиций в энергоэффективные технологии от иностранных партнеров на безвозвратной основе за счет квот на выбросы в атмосферу;
- возможность привлечения средств, вырученных от реализации электроэнергии, которые значительно превышают инвестиционные средства на внедрение указанных энергосберегающих мероприятий, в другие области.

2) Технологии совмещающие общее производство механической, тепловой и электрической энергии на действующих газопроводах. Это разрешит обеспечить перекачку необходимого количества дополнительного газа без дополнительного применения топлива, поскольку перекачка газа новыми газопроводами, сооруженными в существующих коридорах, осуществляется с применением электропривода при незначительных потерях электроэнергии, которая передается от компрессорных станций действующих газопроводов к новым на небольшое расстояние.

3) Инновации в автотранспорте направленные на снижение его вредных выбросов в атмосферу путем использования низкомолекулярных топлив (естественного газа, топливного этанола в смеси с неэтиловым бензином), а также использование специальных присадок к смазочным маслам, которые оказывают содействие уменьшению потребления топлива и снижению вредных выбросов автотранспорта. Применение как моторного топлива сжатого естественного газа в объемах около 2,5 млрд. м<sup>3</sup> на год разрешит заместить до 1,5 млн.т. редкого топлива. Применение специальных отечественных противоизносных присадок к смазочным материалам на основе синтетического дисульфида молибдена объемом 160 тыс.т. в год даст возможность ежегодно экономить 250 тыс.т. моторного топлива, уменьшить угар масел в 2-6 раз, увеличить межремонтный период работы двигателя в 2-3 раза, сократить токсичные выбросы отработанных газов в 2-4 раза. Необходимые инвестиции на программу внедрения присадок составят \$2,4 млн. Использование топливного этанола даст возможность реально уменьшить, при нынешних условиях, ежегодное потребление моторного топлива на 0,5 млн.т. (при применении 8-10% добавки к бензину). Более существенного уменьшения потребления моторного топлива можно достичь лишь при условии настойчивой реализации специальных мероприятий, направленных на увеличение объемов производства топливного этанола (создание энергетических плантаций для выращивания культур, из которых получают этанол, повышение урожайности этих культур, диверсификации источников получения сырья для производства этанола и т.п.) [5].

4) Частичный или полный, в случаях когда это технологически возможно, перевод производства где в качестве составного элемента процесса формообразования используются связующие материалы, на новые экологически чистые и эффективные связующие материалы на основе продуктов переработки растительного сырья (модифицированные технические лигносульфонаты), что позволит значительно, а в некоторых случаях полностью исключить из технологического цикла источники образования канцерогенов – масляные и смоляные связующие материалы. Это позволит существенно улучшить экологическую обстановку в промышленных регионах Украины, где размещаются металлургические, литейные и машиностроительные предприятия [6].

5) Развитие ветроэнергетики, гелиоэнергетики, использование гидравлической энергии малых рек, наращивание производства и активное использование биогаза, а также искусственных горючих газов металлургической и химической промышленности, которые расточительно выбрасываются в атмосферу и загрязняют воздушное пространство.

6) Проведение комплекса мероприятий по повышению энергоэффективности в коммунальном секторе, направленных на усовершенствование газоиспользующей аппаратуры, организацию учета энергоносителей, утепление существующих зданий, реконструкцию тепловых сетей, использование нормативов и стандартов, учитывающих энергоэффективность при строительстве новых сооружений.

Реализация перечисленных технологических процессов даст возможность сократить на 30-50% потребления газа при производстве электрической энергии, наладить производство высокотехнологических изделий широкого спектра применения с высоким рыночным потенциалом из украинского сырья.

Усовершенствование организации управления ресурсо- и энергосбережением, создание демонстрационных зон и объектов, определение оптимальных путей и возможностей финансирования и внедрения энергоэффективных технологий позволит значительно улучшить экологическую ситуацию как в отдельных регионах, так и в Украине в целом.

Организационно, в осуществлении указанных мероприятий целесообразно максимально использовать гибкие формы взаимодействия между органами государственного управления и неправительственными организациями общественности в направлении поддержки мероприятий, которые разрабатываются как на Правительственном уровне Украины, так и в регионах, на уровне местных властей. Целесообразно на данном этапе координировать эту деятельность с ведущими в данной области международными участниками, как на уровне институтов, так и на уровне отдельных специалистов и экспертов. Последними, прежде всего, может осуществляться и информационная поддержка и внедрение ориентированных на рыночные механизмы энергоэффективных технологий уменьшения губительных для окружающей среды выбросов парниковых газов, включая технологии, которые используют возобновляемые энергоресурсы.

Всё это иллюстрирует тесную взаимосвязь мероприятий по ресурсо- и энергосбережению с решением конкретных экологических проблем и общим улучшением состояния природной среды Украины.

### Литература

1. Ресурсозбереження та економічний розвиток України: Формування механізмів переходу суб'єктів господарювання України на базі ресурсозберігаючих технологій: (Монографія) / За заг. ред. к.е.н., доц. І.М. Сотник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 551с.
2. Проблемы горного дела и экологии горного производства: материалы V международной научно-практической конф. (14-15 мая 2010г., г. Антрацит) – Донецк: Вебер (Донецкое отделение), 2010 – 225с.
3. Концепция комплексной утилизации и обезвреживания массовых промышленных отходов и привлечения внебалансовых источников энергии / В.В. Колесник, В.Н. Орлик // Экотехнологии и ресурсосбережение. — 2007. — N 5. — С. 45-53.
4. Мельник А.Г., Скоков С.А., Сотник И.Н. Эколого-экономические основы ресурсосбережения: (Монография) / Под ред. к.э.н., доц. И.Н. Сотник. – Сумы: НТД «Университетская книга», 2006. – 229с.
5. Куров Б.М. Как уменьшить загрязнение окружающей среды автотранспортом? // Россия в окружающем мире. - Аналитический ежегодник. 2009 г.
6. Свинороев Ю.А. Применение прогрессивных методов обработки литейных связующих как инструментария для снижения ресурсоёмкости технологических процессов и решения производственно-экономических проблем региональных предприятий// Вестник Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля. 2009. № 2 (132). - с. 362-371.

Saving of resources means the aggregate of measures directed to changing of technological processes of production on more thrifty and effective use of raw material, materials, labour, and capital, necessary for the production of material values. It is provided by means of the use of new technologies and materials resulting in the reduction in consumption of fond and materials of products; in the increase of the labour productivity; in reduction of living and materialized production costs; in upgrading of products' quality; in rational application of work of managers and marketing specialists; in the usage of benefits of international division of labor et cetera. In common these measures result in the decline of anthropogenic influence of production complexes on an environment, that is mediated conduces to the decision of ecological problems.

*Key words: Saving of resources, ecological problems, energy efficiency, renewed energy sources, techno-made wastes, innovative technical decisions, "energypossible" wastes, ecologically clean materials*

Ресурсозбереження це комплекс дій спрямованих на переведення технологічних процесів виробництва на бережливе та ефективне використання сировини, матеріалів, праці робітників, капіталу, необхідних для створення матеріальних цінностей. Воно забезпечується за рахунок впровадження новітніх технологій та матеріалів які призводять до зниження фондоемкості продукції; підвищення продуктивності праці; скорочення витрат на виробництво; підвищення якості продукції; раціоналізації роботи управлінського персоналу; використання переваг від міжнародного розподілу праці. Разом все це веде до зниження антропогенного впливу виробничих комплексів на довкілля, що опосередковано розв'язує екологічні проблеми.

*Ключові слова: Ресурсозбереження, екологічні проблеми, енергоефективність, поновлювані джерела енергії, техногенні відходи, інноваційні технічні рішення, «енергоможливі» відходи, екологічно чисті матеріали*

Свиноров Ю.А. – Краснодарский факультет инженерии и менеджмента, заместитель декана, доцент;

Аптекарь М.Д. – Краснодарский факультет инженерии и менеджмента, декан, профессор, к.х.н.;

Аптекарь В.Ю. – студентка 4-го курса Краснодарского факультета инженерии и менеджмента, обучающаяся по специальности Менеджмент внешнеэкономической деятельности.

Рецензент: Рамазанов С.К. – Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, декан, заведующий кафедрой Экономической кибернетики, доктор технических наук, доктор экономических наук.

*Стаття подана  
23.12.2010*

Аптекарь В.Ю., Аптекарь М.Д.,  
Косенко В.Ф., Свиноров Ю.А.

## РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЛУГАНСКОЙ ОБЛАСТИ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ТУРИЗМЕ

В статье рассмотрены рекреационные возможности юго-восточной части Луганской области, предложен системный подход к их использованию, даны предложения по организации туристического бизнеса на местном уровне.

*Ключевые слова:* рекреация, туризм, рекреационно-туристический рынок, природные ландшафты, туристические маршруты, рекреационные ресурсы антропогенного происхождения, «зеленый туризм», базы отдыха, защита окружающей природной среды.

**Постановка проблемы.** Согласно законодательству Украины регионом считается административная область [1]. На уровне региона, обычно, решаются экологические и экономические задачи, намечаются стратегии развития хозяйственного комплекса, защиты окружающей среды.

Не последнюю роль в развитии экономики области могут сыграть не только её промышленный потенциал, но и её природно-ресурсные возможности [2]. Особенно интересно, оценить рекреационные ресурсы региона, возможности их использования не только для полноценного восстановления человека, но и для создания стратегии экономического развития области, формирования рекреационно-туристического рынка, правильного принятия и выполнения управленческих решений в природопользовании [3].

Несмотря на то, что Луганщина (Восточный Донбасс) – промышленный регион, она имеет развитое сельское хозяйство и значительные рекреационные ресурсы [4].

К рекреационным ресурсам Луганской области относят лесные массивы вдоль реки Северский Донец, байрачные леса области, река Северский Донец с притоками (Айдар, Деркул, Б.Каменка и другие), пруды, водохранилища, немногочисленные озера.

Именно тут находятся места отдыха луганчан – оздоровительные лагеря, пансионаты, базы отдыха, дачи [5].

Природные ландшафты области представлены также целинными каменистыми степями, участками искусственных лесов, скальными выходами, некоторые из которых являются заповедными. Наличие запасов лечебных минеральных вод (бром-хлоридно-натриевых, сероводородных, радоновых) и ландшафтно-климатические ресурсы способствовали созданию в области санаториев и детских оздоровительных лагерей: «Озерный» в Кременском, «Жемчужина» в Новопсковском, «Восточный» в Краснодонском районах, Старобельская водолечебница, детский оздоровительный лагерь «Лесная поляна» и другие [4].

Важными оздоровительными центрами стали зоны больших водохранилищ Енакиевского, Лутугинского, популярностью пользуются центры организованного отдыха в Кременной, селе Желтом, с. Большой Суходол [5].

Природные рекреационные ресурсы дополняются ресурсами антропогенного происхождения: парки, исторические памятники, музеи, религиозные сооружения, например, такие как музей «Молодая гвардия» в г. Краснодон, художественный краеведческий, истории Луганска в г. Луганск, «Киселева балка», храмовые сооружения в г. Старобельске. Интерес представляют заповедники и заказники Луганщины, которые занимают 2,5% территорий области [6], могут быть объектами экскурсий и включаться в туристические маршруты [5].

Отметим, что в распределении рекреационных ресурсов наблюдается определенная диспропорция.



Наибольший спрос на восстановление здоровья наблюдается в промышленно-насыщенной южной части, а наиболее качественные экологически чистые природные ресурсы сосредоточены на севере области [5,6]. Поэтому в документе «Программа развития туризма в Луганской области» на 2002-2010гг. [5] основное внимание обращается на развитие туристических маршрутов на юге области, только связанных с патриотическим воспитанием.

**Цель работы.** Показать, что юго-восточный регион по климатическим, реакционным ресурсам, своему географическому положению может осуществлять одновременно стратегию приоритетности развития рекреационно-туристической сферы и стратегию, ориентированную на удовлетворение внутренних запросов в оздоровительных услугах [7].

**Изложение основного материала.** Юго-восточная часть Луганской области, назовем её «регионом» условно, (гг. Краснодар и Свердловск и прилегающие к ним районы) находятся вблизи международных трасс Донецк-Изварино-Волгоград, Луганск-Ростов, граничат не только с Лутугинским, Ровеньковским, Краснолучским, Антрацитовским, Станично-Луганским районами области, но и с Ростовской областью [8].

Разветвленная сеть автомобильных дорог делает доступными для туристов все уголки юго-востока, а автомобильные и железные дороги связывают с его с ближним зарубежьем и со всей Украиной. Строительство новой авторазвязки на трассе Донецк-Изварино сделает более доступным для приезжих и местного населения аэропорт г. Луганска. Такое выгодное географическое положение дает возможность развивать не только внутренний, но и международный туризм в регионе, используя при этом рекреационные ресурсы, прилегающих районов области и рекреационные возможности Ростовской области (расстояние до г. Ростова 146 км, до Таганрога – 220 км), создание еврорегиона «Донбасс» способствует этому.

Умеренно-континентальный климат, большое количество солнечных дней позволяют в весенне-летний период организовать отдых на берегах рек, водохранилищ и прудов, которые есть в регионе.

Только по территории Краснодонского района протекает 5 рек (Б. Каменка, Северский Донец, Луганчик, Деревечка, Должик) на границе с Россией (Свердловский район) р. Кундрючья, эта река проходит и по заповедной территории Провалье. Вдоль р. Северский Донец от с. Новокиевка и до с. Поповка (Краснодонский район) расположен заказник «Суходольский» у села Давыдоникольск прекрасный песочный пляж, примыкающий к сосновой роще, у с. Кружиловка уникальные источники столовой минеральной воды. В Свердловском районе есть Астаховское месторождение столовой минеральной воды. Уникальные скальные выходы имеются у с. В. Деревечка (Краснодонский район) и с. Провалье (Свердловский район) – геологический памятник и Королевские скалы, примыкающий в плотную к отделению Луганского заповедника «Провальская степь».

Это лишь небольшой перечень природных рекреационных ресурсов, которые могут быть использованы во всеукраинских туристских маршрутах, в маршрутах выходного дня.

Многочисленное количество хорошо оборудованных, но сейчас малоиспользуемых баз отдыха предприятий, можно с минимумом затрат использовать для организации туризма.

Большой интерес на территории «региона» представляют и ресурсы антропогенного происхождения.

Юго-восточная часть Луганщины имеет богатое историческое прошлое. На территории открыты стоянки людей каменного века, курганы – могильники и каменные бабы скифов, сарматов, киммерийцев. Здесь проходили татаро-монголы, это та территория, которая долгое время носила название «дикое поле». С историей края можно познакомиться в краеведческом музее г. Свердловска и музее «Молодая гвардия».

Город Краснодон – родина героїв-молодогвардійців, широко відомий не тільки на Україні, але й за її межами, місце куди приходять поклонятися подвигу жителів України та зарубіжні гості.

На території «регіону» існують релігійні споруди які представляють інтерес для туристів, це наприклад, храм в с. Новоалександрівка, Краснодонського району, «Дім» М. Іванова в с. В. Кундрючє Свердловського району та багато інших.

Особливу увагу слід звернути на розвиток «зеленого туризму». В селах, розташованих вздовж річок Северський Донець та Б. Каменка є все необхідне для цього.

З нашої точки зору слід відновити існуючі раніше маршрути Луганськ – Краснодон – Азовське або Чорне море, організувати міжнародний маршрут Краснодон – Свердловськ – Ростов, розвивати пішохідні маршрути за заказником «Суходольський» та заказнику «Провальська степа», організувати водноспортивні маршрути по р. Северський Донець, туризм вихідного дня та «зелений туризм».

### Висновки

Все вище викладене переконує нас в тому, що для розвитку туристичного бізнесу в південно-східній частині Луганської області є всі необхідні передумови. Пріоритетний розвиток туризму, а саме виділення зон для будівництва та розміщення промислових об'єктів, рекреаційно-туристичного використання, розвиток сільського господарства повинні бути в центрі уваги місцевих влад. Це одне з напрямків перетворення економіки території з монопромислової в багатопрофільну.

### Література

1. Закон України «Про стимулювання розвитку регіонів» № 2850 – VI від 2005 р. Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2005. – №51 – с. 548.
2. Гудзь П.В. Економічні проблеми курортно – рекреаційних територій / П.В. Гудзь. – Донецьк: ІСПД НАН України, ТОВ «Юго-Восток ЛТД», 2001. – 270 с.
3. Черчик Л.Н. Формування ринкових відносин у рекреаційному природокористуванні. Монографія/Л.М. Черчик – Луцьк: ЛДТУ, 2006 – 352 с.
4. Голубенко О.Л., Смирний М.Ф. та інші. Екологічні проблеми східного Донбасу / Голубенко О.Л., Смирний М.Ф., Рябічев В.Д., Черних В.І., Кіященко В.В. – Донецьк.: Норд-Прес, 2010, - 335 с.
5. Території та об'єкти з основним статусом охорони, край нашої турботи та надії / річний звіт, - Луганськ: 2005.
6. Річний звіт про стан навколишнього природного середовища в Луганській області в 2008 році. – Луганськ, 2009.
7. Нудельман М.С. Соціально-економічні проблеми рекреаційного природопольовання / М.С. Нудельман – К: Наук. Думка, 1987. – 132 с.
8. Луганська область. Атлас// під ред. М.Ф. Песоцького, Т.І. Слоньої – К: Картографія, 2004, 32 с.

У статті розглянуті рекреаційні можливості південно-східного регіону Луганської області, запропонований системний підхід до його використання, дані пропозиції з організації туристичного бізнесу на місцевому рівні.

*Ключові слова: Рекреація, туризм, рекреаційно-туристичний ринок, природні ландшафти, туристичні маршрути, рекреаційні ресурси антропогенного походження, «зелений туризм», бази відпочинку, захист навколишнього природного середовища*

Recreation possibilities of south-east part of the Lugansk area are considered in the article, the system approach to their use is offered; the suggestions on organization of tourist business at local level are given.

Key words: Recreation, tourism, recreation-tourist market, natural landscapes, tourist routes, recreational facilities of antropological origins, "green tourism", bases of the rest, nature protection

Аптекарь В.Ю. – студентка 4-го курса Краснодарского факультета инженерии и менеджмента, обучающаяся по специальности Менеджмент внешнеэкономической деятельности;

Аптекарь М. Д. – Краснодарский факультет инженерии и менеджмента, декан, професор, к.х.н.;  
Косенко В.Ф. - Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, старший преподаватель кафедры экологии.

Свинороев Ю.А. – Краснодарский факультет инженерии и менеджмента, заместитель декана, доцент.

Рецензент: Рамазанов С.К. – Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, декан, заведующий кафедрой Экономической кибернетики, доктор технических наук, доктор экономических наук.

## ПРИКЛАДНА ЕКОЛОГІЯ

Збірник наукових праць

№ 1(2) / 2010

Відповідальний за випуск  
Літературний редактор  
Технічний редактор  
Коректор  
Оригінал - макет

Ігнатов О.Р.  
Андропова З.І.  
Дроговоз Т.М.  
Руднік Я.В.  
Борисенко К.В.

Підписано до друку \_\_\_\_\_  
Формат 70×108<sup>1</sup>/<sub>10</sub>. Папір типогр. Гарнітура Times.  
Друк офсетний. Умов. друк. арк. \_\_\_\_\_. Обл. друк. арк. \_\_\_\_\_.  
Наклад 100 прим. Вид. № \_\_\_\_\_. Замовлення № \_\_\_\_\_. Ціна вільна.

Видавництво  
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля  
91034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20 а

**Адреса видавництва:** 91034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20а  
**Телефон:** 8 (0642) 41-34-12. Факс: 8 (0642) 46-13-64  
**e-mail:** root@vugu.lumsi.legansk.ua  
**http:** //www.snu.edu.ua