

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ  
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

## ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **«ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СПИРТОВИХ  
БЕНЗИНІВ НА ДВИГУНАХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ»**

Виконав: студент 6 курсу групи Ат-61

Спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»  
(шифр і назва)

Оліхович Михайло Іванович

(прізвище ім'я та по батькові)

Керівник: к.т.н., доцент Шевчук В.В.

(наук. ст., вчене звання, прізвище та ініціали)

Рецензент: \_\_\_\_\_

(наук. ст., вчене звання, прізвище ініціали)

ДУБЛЯНИ 2021

Магістерська робота: 74 с. текст. част., 4 рис, 19 табл., 30 джерел. «Дослідження використання спиртових бензинів на двигунах транспортних засобів» Оліхович М.І. – Магістерська робота. Кафедра автомобілів і тракторів. – Дубляни, Львівський НАУ, 2021.

На основі аналізу літературних джерел встановлено, що екологічна безпека автомобільного транспорту в значній мірі залежить від показників якості застосовуваного палива: змісту етилової рідини, ароматичних вуглеводнів, сірки. Показано, що одним із шляхів для вирішення екологічної та ресурсної проблеми виробництва високооктанових неетильованих бензинів є застосування оксигенатів (спиртів і ефірів).

Результати випробувань бензину АІ-95Е, проведені за участю АТ "АвтоВАЗ" на сумісність з гумами, на токсичність ВГ, економічність і їздові якості автомобілів ВАЗ, показали, що бензин, що містить 5% етанолу, не призводить до погіршення експлуатаційних характеристик автомобіля, не вимагає зміни вихідних регулювань двигуна і може застосовуватися на рівні з товарними бензинами.

Результати дорожніх випробувань бензину АІ-95Е з 10% етанолу на автомобілях, обладнаних системами електронного впорскування, на економічність і їздові якості автомобіля, показали, що застосування такого бензину не погіршує показники по економічності і їздовим якостям автомобіля.

Тому застосування його на двигуні принесе не тільки економічний ефект, а й при експлуатації розвиватиме більшу потужність ніж в аналогового двигуна і універсальність відносно якості і марки бензину що застосовується (відповідно від типу вантажу, а також умов експлуатації ), та що не менш важливим відповідає вимогам Євро-5.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ВСТУП.....  | 7  |
| РОЗДІЛ 1  |    |
| СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....   | 9  |
| 1.1. Застосування кисневмісних сполук в якості альтернативного палива і компонентів до автомобільних бензинів.....  | 9  |
| 1.2. Альтернативне автомобільне паливо .....  | 10 |
| 1.3. Використання кисневмісних сполук в якості добавки до бензинів .....  | 14 |
| 1.4. Проблеми використання спиртів як високооктанових добавок до бензинів.....  | 18 |
| 1.5. Економічні аспекти використання етанолу в автомобільних паливах.....   | 19 |
| Висновок за розділом.....   | 22 |
| РОЗДІЛ 2  |    |
| ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕТАНОЛУ В ЯКОСТІ ВИСОКООКТАНОВОГО КОМПОНЕНТА АВТОМОБІЛЬНОГО БЕНЗИНУ .....  | 24 |
| 2.1. Об'єкт дослідження .....   | 24 |
| 2.2. Характеристики етанолу.....  | 24 |
| 2.3. Вплив етанолу на антидетонаційні і фізико-хімічні властивості палива.....  | 27 |
| 2.3.1. Вплив етанолу на антидетонаційні властивості палива.....   | 27 |
| 2.3.2. Вплив етанолу на фізико-хімічні властивості бензину.....   | 29 |
| 2.4. Дослідження впливу етанолу на фазову стабільність палива.....  | 34 |
| РОЗДІЛ 3  |    |
| МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....  | 40 |
| 3.1. Випробування автомобільних бензинів, що містять етанол .....   | 40 |
| 3.3.1. Результати випробувань бензину А-95Е, що містить 10% етанолу .....   | 40 |
| 3.3.2. Лабораторно-стендові випробування бензину А-95Е.....   | 41 |
| 3.3.3. Результати оцінки впливу добавки етилового спирту до бензину на токсичність відпрацьовані гази, економічність і їздові якості автомобілів ВАЗ..... | 45 |
| 3.4. Результати оцінки бензину А-95Е з 10% ВОКЕ в експлуатаційних умовах.....   | 47 |
| Висновки до розділу.....  | 51 |
| РОЗДІЛ 4  |    |
| ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....  | 52 |
| 4.1. Вимоги безпеки при застосуванні шкідливих речовин .....  | 52 |
| 4.1.1. Застосування антифризу та гальмівних рідин .....   | 52 |
| 4.1.2. Застосування етильованого бензину .....  | 53 |
| 4.2. Техніка безпеки при обкатуванні й випробуванні двигунів.....   | 56 |

|   |    |
|---|----|
| РОЗДІЛ 5  |    |
| ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД ЗАПРОПОНОВАНИХ                      |    |
| ЗАХОДІВ   |    |
|   | 58 |
| 5.1. Калькуляція механізму впровадження роботи двигуна на       |    |
| альтернативному пальному.....                                   | 58 |
| 5.2. Розрахунок капітальних вкладень.....                       | 59 |
| 5.2.1. Визначення інвентарно-розрахункової ціни автомобіля..... | 60 |
| 5.2.2. Визначення питомих капітальних вкладень.....             | 60 |
| 5.3. Розрахунок витрат праці.....                               | 61 |
| 5.4. Розрахунок грошових витрат.....                            | 62 |
| 5.5. Розрахунок економічного застосування того чи іншого        |    |
| автомобіля при заданих умовах експлуатації.....                 | 68 |
| Висновок за розділом.....                                       | 69 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ .....                         | 69 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                 | 72 |

## Вступ

Продовж історії розвитку автомобільного транспорту існує проблема вдосконалення моторних палив, зокрема автомобільних бензинів. В даний час, близько половини всієї видобувної в світі нафти, споживається автотранспортними засобами, світовий парк яких наближається до 2 млрд. одиниць [1].

Сучасний автомобільний бензин є складною багатокomпонентною сумішшю. Постійно зростаючі вимоги до бензину завжди змушували дослідників шукати оптимальне поєднання таких показників автомобільного палива, як експлуатаційні властивості, вартість і екологічна безпека.

У складі автомобільних бензинів вітчизняного виробництва переважають компоненти: бензин каталітичного риформінгу і бензин прямої перегонки. Низька частка бензину каталітичного крекінгу, алкіл ата, ізомеризат і оксигенатів. Перехід на виробництво високооктанових бензинів з високим вмістом алкіл ата і ізомеризат зажадає значних капіталовкладень в нафтопереробну промисловість.

Одним з альтернативних напрямків, що розглядаються в багатьох країнах світу, в тому числі і в нас, є використання оксигенат (спиртів і ефірів) [3]. Їх застосування дозволяє зберегти ресурси нафти на виробництво товарного бензину, знизити вимоги до октанових характеристик традиційних вуглеводневих палив, поліпшити екологічні характеристики автомобілів.

Зарубіжний досвід застосування етилового спирту в складі бензинів, в частці, в газоході, виявив ряд проблем. До них відносяться: фазова нестабільності бензиноетанольних палив, корозійна активність до металевих матеріалів двигуна, агресивність по відношенню до гумотехнічним виробів паливної системи.

Таким чином, проблема створення вітчизняних високооктанових бензинів з поліпшеними екологічними властивостями, що задовольняють вимогам вітчизняного і зарубіжного автопарку, що містять в своєму складі

кисневмісні компоненти (етанол), з урахуванням можливостей нафтової і хімічної галузей промисловості, є актуальною.

З огляду на це, метою роботи є покращення екологічних показників транспортних засобів завдяки дослідженню використання спиртових бензинів на їх двигунах

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- здійснити аналіз застосування кисневмісних сполук в якості альтернативного палива і компонентів до автомобільних бензинів;
- здійснити теоретичні дослідження етанолу в якості високооктанового компонента автомобільного бензину;
- провести дослідження впливу добавки етилового спирту до бензину на токсичність відпрацьованих газів, економічність та їздові якості автомобілів ВАЗ;
- провести результати випробувань бензину А-95Е, що містить 10% етанолу в експлуатаційних умовах;
- здійснити розрахунок економічної ефективності від використання альтернативного виду пального та збільшення ступеня стиску на прототип двигуна.

## РОЗДІЛ 1

### СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 1.1 Застосування кисневмісних сполук в якості альтернативного палива і компонентів до автомобільних бензинів

Дефіцит нафти призвів до того, що у всіх індустріально розвинених країнах почався пошук резервів для економії нафтового палива та пошук альтернативних поновлюваних джерел сировини і палива, в частці, автомобільного. З'явилися нові уявлення щодо оцінки ефективності використання автомобільного бензину, яка сьогодні оцінюється величиною пробігу на одиницю переробленої нафти.

Існують різні шляхи досягнення економії палива в експлуатації автомобільного транспорту: конструктивне вдосконалення двигунів, шин і підвісок, зниження маси двигуна, застосування напівпровідникової системи запалювання, електронної системи розпилення (вприскування) палива і т. Д. Іншим резервом економії автомобільних бензинів є підвищення ступеня стиснення, яке тісно пов'язане зі збільшенням октанового числа [1]-[8]. Однак, чим вище октанове число бензину, тим нижчий його вихід з нафти [8]. Міжнародна практика використання реформульованих бензинів і експлуатації автомобілів показує, що значну економію нафти і одночасного підвищення октанового числа бензинів можна забезпечити за рахунок введення в бензин різних високооктанових компонентів і, зокрема, таких кисневмісних сполук, як метил третбутиловий ефір, метанол і етанол [7]-[9].

Загальним перевагою ефірів і спиртів є більш повне спалювання з меншим викидом шкідливих речовин, що дозволяє знизити викиди оксиду вуглецю на 32.5%, вуглеводнів на 14.5% [8]-[9] і вивести зі складу бензину канцерогенний бензол [87]. Оксигенати фото хімічно менш активні, ніж вуглеводні, і, отже, мають більш низьку смогоутворюючу здатність [8]. Проте, впливає песимістичний прогноз застосування спиртів [9].

Зниження кількості викидів відбувається з двох причин. По-перше, участь кисневмісних сполук в процесі горіння призводить до кращого співвідношення палива з киснем повітря, і, як наслідок, до більш повного згоряння вуглеводневого палива. По-друге, кисневмісні сполуки характеризуються високими октановими числами змішання і тому є гарною заміною токсичних ароматичних з'єднань і ТЕС.

Тому, починаючи з 70-х років минулого століття, основним напрямком робіт з отримання високооктанових бензинів, які відповідають вирішенню екологічних проблем, стало використання різних кисневмісних сполук (аліфатичних ефірів і спиртів) з поступовим збільшенням їх частки в бензинах. Застосування кисневмісних сполук в паливі починається в цілому ряді країн: Бразилії (етанол, 1970), Італії (МТБЕ, 1973 г.), ФРН (етанол, 1975 г.), Фінляндії (етанол, 1979 г. [9] ), США (МТБЕ, 1979 г. [94]), Швеції (етанол, 1979 г. [9]), Зімбабве (етанол, 1979 г. [6]), Росії (МТБЕ, 1979 г. [9]).

На практиці, крім зазначених вище кисневмісних сполук, використовують також: третбутиловий спирт (ТБС), метил-третаміловий ефір (МТАЕ), етил-третбутиловий ефір (ЕТБЕ), етил-третаміловий ефір (ЕТАЕ), ді-ізопропіловий ефір (ДІПЕ).

Серед різних варіантів модернізації автомобільного палива можна виділити два основних напрямки:

1. Використання кисневмісних сполук в якості альтернативного палива
2. Використання кисневмісних сполук в якості добавки до бензинів

Величезний інтерес до цих сполук підтверджується великим кількістю наукової та популярної літератури, присвяченої їх використанню як добавки до автомобільних палив і як альтернативного палива [98-102].

## **1.2 Альтернативне автомобільне паливо**

Найбільш кардинальним рішенням у створенні екологічно безпечного палива є розробка, так званих альтернативних палив [6], [13]: зріджених і компримованих газів, спиртів і їх сумішей з бензином, штучного рідкого



палива, водню, електрики і сонячної енергії [10]. Загальним гідністю зазначених видів палива є те, що вони можуть бути отримані з сировини не нафтового виникнення. Крім того, при використанні альтернативних палив кількість викидів шкідливих речовин з ОГ (CO, CH, NO<sub>x</sub>) значно нижче, ніж в разі кращих реформульованих бензинів [16, 105], або відсутнє взагалі. Значний прогрес сьогодні досягнуто в розробці транспорту, що працює на стиснутому природному газі, водневому паливі, електриці і особливо етанолі [15]-[17].

Перша згадка про використання спиртів (в Бразилії) у складі автомобільних бензинів відноситься до 20 - 30 років минулого століття. випробування етанолу показали, що поряд з безумовними перевагами, етанол володіє і цілим рядом недоліків (див. нижче). Тому етиловий спирт не знайшов відразу швидкого і широкого застосування. У 1970-х роках в зв'язку з катастрофічним погіршенням екологічної обстановки і спалахом нафтової кризи почалося відродження інтересу до спиртів і, особливо до етанолу. Це обумовлено тим, що етанол може бути отриманий з постійно поновлюваних джерел рослинної сировини, біомаси, а також вугілля, побутових відходів і взагалі з джерел не нафтового характеру.

Настільки благополучна ситуація склалася в Бразилії, яка є основним виробником етанолу в світі (12 млрд. Літрів етанолу на рік, що становить половину обсягу потреби в бензині і 57% світового виробництва). Весь Бразильський етанол отримують з цукрового очерету ферментаційним способом. Частина паливного етанолу імпортується (300 000 м / рік) з інших країн. Все це стало можливим, завдяки Національній програмі (1970 р) по широкомасштабному використанню етанолу в якості автомобільного палива та субсидіях влади, які, в свою чергу, отримали відповідну фінансову підтримку Світового банку, а також завдяки державним гарантіям закупівлі строго певної кількості продукції у державній нафтової компанії PETROBRAS.

З 1980 по 1985 рік, в період зниження інтересу до споживання цільового спирту, уряд витратив на підтримку галузі 2.0 млрд. Доларів, що склало майже 30 відсотків від зовнішніх позик. В даний час в "етанольній" промисловості і пов'язаних з нею галузях працюють більше 500 тис. чоловік, а автопарк автомобілів, працюючих на етанолі, складається з двох видів: 40% автопарку використовує чистий етанол (з 4% води) і 60% автопарку - бензин з 22% безводного етанолу. При нестачі паливного етанолу його замінюють сумішшю, яка має 60% етанолу, 33% метанолу і 7% бензину [18].

У Швеції питання впровадження етанолу, як автомобільне паливо, приділяється особлива увага. Шведське податкове законодавство звільняє від сплати податку на бензин E85 повністю, якщо він використовується в автобусах. Податок на бензин, що містить етанол, зменшується паралельно зі збільшенням частки етанолу в паливі. Компанія "Shell" стала першою в Швеції, яка вирішила постачати обладнання для заправних станцій, що працюють з бензином E85. На відміну від американських нафтових компаній, реакція шведських виробників нафтопродуктів на впровадження етанолу дещо стримана [7].

Етанольне паливо E85 (85% етанол + 15% бензину) виявилось найбільш схожим для роботи нової паливної системи "Flexible Fuel Vehicles" (FFV [15]) Концепція автомобіля з FFV полягає в тому, що він має єдиний паливний бак для суміші бензину з етанолом будь-якого складу. Відповідно до цієї програми до 2002 року близько 2 млн. Автомобілів в США було оснащено системою FFV, з них близько 100 000 використовували E85 [10] і технології паливних елементів (осередків), що представляють з себе електрохімічний пристрій, здатний перетворювати хімічну енергію в електричну і теплову. Промислове використання дана технологія отримала завдяки активності компанії NASA. Конструктори космічних апаратів застосовували "паливні елементи" в якості джерел електричного струму і тепла. Найбільш відповідним паливом для них виявився бензин марки E85. Вперше автомобілі, що реалізують технологію "паливних осередків", були

продемонстровані компаніями Daimler-Benz і Toyota у Франкфурті на 57-му Міжнародному авто шоу у вересні 1997 року [7].

Проте, етанол і метанол як альтернативні палива поки що не набули широкого поширення через низку властивих їм нестатків. Головними з них є висока вартість (в 2 рази більша вартості бензину) і, хоча і поновлювані, але обмежені сировинні ресурси. Перешкодою до широкомасштабного використання метанолу і етанолу є і ряд фізико-хімічних властивостей. До них відноситься низька теплота згоряння [19] і більш низьке співвідношення повітря-паливо, що збільшує тиск парів бензинів за Рейдом, змінює їх фракційний склад і негативно впливає на експлуатацію палива і роботу автомобілів [8]-[14]. Висока теплота випаровування може створити великі труднощі при запуску двигуна [8]. Так, у разі чистого метанолу така проблема може виникнути вже при температурі  $-10^{\circ}\text{C}$ . Нижче цієї температури парів палива недостатньо для створення легкозаймистою суміші. Для етанолу нижню межу випаровуваності становить  $-15^{\circ}\text{C}$ . Бензини на відміну від спиртів мають достатню випаровуваність, що забезпечує можливість запуску двигуна при досить низьких температурах ( $-22^{\circ}\text{C}$ ). Крім того, застосування спирту в чистому вигляді збільшує ймовірність утворення "парової пробки". Наявність в спиртах полярної гідроксильної групи обумовлює їх більш високу хімічну активність в порівнянні з ефірами і традиційними видами палив. Тому спирти (в меншій мірі їх добавки до бензинів) сприяють корозії металів, особливо цинку, свинцю, магнію [8].

При використанні спиртів в якості палива (або у вигляді сумішей з бензином) має місце підвищений знос металевих поверхонь тертя, ніж в разі чистих бензинів [8, 115, 120]. При цьому більш агресивним є етанол в суміші з бензином, ніж метанол; в чистому вигляді етанол менш агресивний, ніж метанол. Агресивність спиртів по відношенню до металів значно збільшується в присутності розчиненої води і в ще більшому ступені в присутності відокремленою від спирту вільної води. Для захисту паливних

баків автомобілів поширене застосування захисного покриття зі сплаву олова зі свинцем, яке піддається сильному агресивного впливу безводного етанолу, але вже при добавках найменших кількостей води це дія знижується [115]. Необхідно відзначити, що добавка до спиртовмісної бензину невеликих кількостей амінів нівелює агресивна дія спиртів на металеві деталі [116].

Спирти є хорошими розчинниками, агресивної дії на пластмасові або гумові деталі паливної системи автомобілів, днища паливних фільтрів, виготовлені з поліаміду [8]-[17]. Фахівці фірми "Du Pont de Nemours" вважають, що чим менше молекулярна маса сполуки гомологічного ряду спиртів, тим більший вплив він справляє на еластомери. Встановлено також, що етанол менш агресивний до гумовотехнічним виробам в порівнянні з метанолом. З іншого боку, вважається доведеним, що утворена при згорянні метанолу мурашина кислота є основною причиною зростання ступеня корозії і зносу двигунів, працюючих на цьому спирті.

Висока розчинна здатність спиртів є причиною утворення відкладень і забруднень паливних фільтрів. Цей недолік частково компенсується здатністю спиртів розчиняти відкладення вуглеводневої характеру. За вказаними вище причин використання значних кількостей спирту в автомобільному паливі пов'язано з практичними труднощами, які необхідно враховувати в кожному конкретному випадку.

У продуктах згоряння метанолу та етанолу виявлені альдегіди і органічні кислоти, які недостатньо ефективно знешкоджуються застосовуваними в автомобілях каталітичними нейтралізаторами [7]-[21]. У разі використання чистих метанолу і етанолу стає необхідним зміна конструкції двигуна внутрішнього згорання.

### **1.3 Використання кисневмісних сполук в якості добавки до бензинів**

Одночасно з дослідженнями можливості використання метанолу і етанолу в якості альтернативного палива проводилися дослідження цих

сполук в якості високооктанових добавок до бензинів. У зв'язку з цим в середині 80-х років в Західній Європі розгорнулася полеміка навколо питання про можливе кількісний вміст кисневмісних добавок в бензинах, а Європейська асоціація виробників кисневмісних добавок до палив (ЕБОА) опублікувала дані по гранично допустимого вмісту цих добавок в паливах в країнах ЄС. Дані, встановлені Європейською асоціацією виробників кисневмісних добавок до палив (ЕБОА), показують, що автомобілі, що експлуатуються на паливі, що містить 2.7% (мас.) Кисневмісних добавок в розрахунку на кисень, по прийомистості, співвідношенню повітря-паливо і витраті палива не поступаються машинам, що експлуатуються на чисто вуглеводневому паливі (табл. 1.5, [6]).

При використанні метанолу і етанолу (особливо останнього) в кількості, зазначених в табл. 1.8, їх недоліки стають несуттєвими. Так, наприклад, при утриманні етанолу в паливній суміші до 10% не потрібно модернізації двигунів і при цьому труднощів в експлуатації автомобілів не виникає [15]. Вміст альдегідів в ОГ при цьому зменшується в 2 - 4 рази, в порівнянні з їх кількістю при використанні спиртів в якості альтернативного палива. З 1980-х років починається масове використання бензинів, що містять 5, 10 (Тазохол " ), 15 (E15) і 22% етанолу в Бразилії, США, Швеції, Голландії, Франції, Канаді та Колумбії.

Одночасно із застосуванням бензино-спиртових палив проводяться широкомасштабні дослідження і інших КСС. На думку експертів нафтової компанії Chevron, основною альтернативою етанолу є МТБЕ - продукт, який синтезується на НПЗ. Промотором МТБЕ є фірма Atlantic-Richfield Corporation (ARCO), яка є основним виробником цього продукту в США [23]. Дійсно, наукова і популярна література на початку 90-х років широко відображала успіхи, досягнуті в модифікації бензинів шляхом добавок МТБЕ. Вважалося, що цей антидетонатор найменш небезпечний для навколишнього середовища [8]-[24]. При його використанні значно знижується утворення оксиду вуглецю. Його вплив на утворення оксидів

азоту не встановлено; на освіту альдегідів - вплив мінімальне і найменше з усіх кисневмісних добавок до бензинів, відомих до теперішнього часу [7], [8]. З порівняння фізико-хімічних властивостей спиртів, ефірів та бензинів (табл. 1.8) видно, що МТБЕ характеризується значно більшою теплотою згоряння, ніж етанол, і лише трохи поступається за цими показниками базового бензину. Тому останнім часом на практиці найбільш широко застосовують МТБЕ. Введення в базові бензини МТБЕ (8-11%) дозволяє отримувати не етильовані автомобільні бензини різних марок з більш високим вмістом низькооктанових компонентів, ніж при використанні алкілата.

Бензини з МТБЕ характеризуються підвищеною часткою фракцій, що википають до 100 ° С, при цьому знижується температура кипіння 50% бензину. Це дозволяє широко використовувати високо киплячі базові бензини, що в свою чергу знижує вміст ароматичних вуглеводнів; трохи зменшує тиск насичених парів бензину. Перевагою МТБЕ є хороша розчинність в бензині і при цьому він не вимивається з нього водою. На противагу деяким відомим антидетонаторам на основі елементоорганічних сполук МТБЕ НЕ зменшує фізичну і хімічну стабільність бензину, характеризується стабільним антидетонаційними властивостями при зберіганні і експлуатації. МТБЕ не виділяється з бензину при низьких температурах і не робить агресивного дії на металеві та неметалеві деталі двигуна і системи розподілу палива.

Незважаючи на кілька знижену теплоту згоряння (38.2 проти 42,5 МДж / кг бензину), процеси, що протікають в камері згоряння, і потужність двигуна не змінюються в процесі експлуатації. При цьому витрата бензину зменшується на 7%, температура холодного запуску двигуна знижується на 8-15%, збільшується прийомистість, запобігає обмерзання карбюратора, поліпшуються миючі характеристики, які не спостерігається утворення "парових пробок" [27].

Саме тому на початку 70-х і середині 80-х років в ряді країн мало місце інтенсивне виробництво алкіл похідні ефірів (МТБЕ, ЕТБЕ і МТАЕ) [28],

[29]. Перша промислова установка потужністю 100 тис. Т / рік була введена в експлуатацію в Італії в 1973 р, а в 1983 р виробництво МТБЕ, наприклад, в США, становила близько 1.3 млн. Т / рік і було зосереджено на 12 промислових установках. Незважаючи на швидке зростання виробництва МТБЕ, попит на нього випереджав пропозиції [30]. Відомі патенти на різні способи отримання зазначених компонентів бензину, хоча, загалом, більшість з них засновано на взаємодії ізомерів олефінів С4-С5 зі спиртами в присутності каталізаторів при помірних тисках.

Застосування бензинів з МТБЕ в США і, зокрема, в Каліфорнії було дозволено тільки після їх ретельного вивчення. Причому в перспективності таких бензинів були одностайно впевнені американське керівництво по навколишньому середовищу, каліфорнійське агентство і інші агентства і промислові групи. Але, як і слід було очікувати, тільки перевірка часом змогла дати відповідь на питання про вплив нових добавок до бензинів на екологічну обстановку і здоров'я людей. Кілька років спостережень за наслідками застосування МТБЕ знадобилося громадській організації з Сан-Франциско ОхуBusters і фірмі Tosco Corp., щоб встановити і довести до широких кіл громадськості результати своїх спостережень [13]. Були встановлені численні випадки отруєння питною водою, що містить МТБЕ і продукти його неповного окислення. Були проведені численні фізико-хімічні, екологічні та медичні дослідження, якими доведено, що МТБЕ є причиною більш ніж двох десятків захворювань. Серед них: астма, синусит, короткочасна втрата пам'яті, почастішання серцебиття, головний біль, шкірні роздратування і інші. Завдяки високій летючості і проникності, МТБЕ може легко проникати в організм людини.

Проблема негативного впливу МТБЕ на навколишнє середовище детально обговорюється в Каліфорнії [13]-[16]. Під сильним натиском суспільства американське управління і каліфорнійське агентство з охорони навколишнього середовища змушені були визнати факт забруднення підземних і питних вод МТБЕ. Передбачається, що основними причинами

цього є витік бензину на АЗС і з підземних резервуарів і неповне згоряння палива в підвісних моторах катерів і човнів та інші. В даний час в США дискутується складне питання про можливу заборону МТБЕ [14], [30].

Як альтернатива цієї добавки як і раніше розглядаються варіанти використання інших ефірів, метанолу і етанолу. Останні оглядаються як давні і основні суперники МТБЕ [16]-[30]. За сучасними оцінками ряду зарубіжних фахівців [16] саме етанол найбільш перспективним компонентом автомобільного палива, не дивлячись на його певні недоліки.

#### **1.4 Проблеми використання спиртів як високооктанових добавок до бензинів**

На відміну від ефірів спирти, що додаються в бензини в невеликих кількостях, виявляють ще один серйозний недолік. Спирти, як відомо, змішуються з водою в будь-яких співвідношеннях, але присутність кінцевою в спиртовмісній бензині є причиною фазового поділу [13], [16]-[19]. Особливо це проявляється в разі метанолу, в меншій мірі - в разі етанолу і більш високомолекулярних спиртів. Ступінь поділу залежить від температури, вмісту спиртів в суміші, а також від присутності в бензині ароматичних вуглеводнів. Тому введення в бензин метанолу або етанолу вимагає обов'язкового включення в його склад стабілізуючих добавок або, інакше кажучи, спів розчинники, гомогенізуючих систему бензин-вода-спирт. аналіз літературних і патентних даних [30] показує, що в якості стабілізаторів бензино спиртових сумішей пропонується використовувати: аліфатичні спирти  $C_3 - C_{12}$  нормального і розгалуженого будови [13], [14], [16], феноли, алкіл ацетати, прості і складні ефіри і їх металоорганічні похідні, кетони, аміни, алкіл аміді, ПАВ, а також гліколи і їх ефіри, альдегіди, кетали, ацетат чи , алкілкарбонати, карбонові кислоти і суміші зазначених з'єднань [14]. Добавка зазначених з'єднань перешкоджає розшарування спиртовмісного бензину до температури  $-40 -f -23$  ° С. Однак слід зазначити, що в переважній кількості випадків, розробки стабілізаторів носять



«рецептурний» характер і не ґрунтуються на жодних фізико-хімічних закономірностях. Це є причиною відсутності науково обґрунтованих правил вибору стабілізуючих добавок і передбачення їх стабілізуючого ефекта в залежності від складу бензиноспиртової суміші.

Практика розробки спиртовмісних палив показує, що більшість зазначених недоліків можна мінімізувати шляхом підбору складу бензину і застосування різних добавок [13]-[16]. Аналіз літературних даних дозволив встановити, що найбільш перспективними високооктановими добавками до бензинів є метанол і етанол, не дивлячись на ряд властивих їм недоліків. З двох останніх етанол є кращим, так як бензини на його основі характеризуються кращими антидетонаційними властивостями, більшою фазовою стабільністю, меншою токсичністю і агресивністю до паливних деталей системи.

### **1.5 Економічні аспекти використання етанолу в автомобільних паливах**

Основним бар'єром використання етанольних палив є висока вартість етанолу, в середньому в два рази перевищує ціни на бензин. Однак, з огляду на, що запаси нафти на планеті вкрай обмежені, а джерелом отримання етанолу може бути поновлюване рослинна сировина, то спостерігається тенденція переходу на етанольні палива є правильною. Крім того, американські екологи справедливо відзначають, що вартість бензину не включені витрати на втрати від міського смогу, кислотних дощів і, нарешті, збиток, що наноситься від глобальної зміни клімату. У вартість бензину не входять в явному вигляді витрати на утримання військових угруповань, які підтримують стабільність в регіонах, з яких США імпортує нафту. З урахуванням військових витрат, наприклад в зоні Перської затоки, вартість однієї барелі нафти обходиться в 14 доларів, а не в 18, які платять за неї виробники [7].

Крім того, слід враховувати витрати на створення адміністративних апаратів, які контролюють виконання екологічних законів і стандартів, інструментальний контроль і дослідження в області створення нових палив. Не піддаються оцінці втрати здоров'я громадян і вартість лікування хвороб, причиною яких є ОГ. За даними Американської екологічної асоціації (ЕПА) різниця у вартості звичайного бензину і бензину, що містить етанол, становить три центи. Завдяки цим трьом центам вдалося запобігти потраплянню в атмосферу 500000 тонн забруднень [7].

Порівняння економічних витрат при використанні різних оксигенатів показує, що використання метанолу і етанолу обійдеться трішки дорожче, ніж використання МТБЕ. За даними роботи [18] вартість приросту октанового числа для МТБЕ, метанолу і етанолу становить відповідно (цент / л): 0.47, 0.51 (з урахуванням добавки третбутилового спирту [7]) і 0.65.

За період з 1990 по 1998 роки обсяги споживання бензинів в Росії трохи знизилися, з 30 до 22.6 млн. Тонн, тобто в 1.3 рази. співвідношення низькооктанових та високооктанових бензинів зростає з 4: 1 (1990 р) до 2: 1 (1997 г.). Російський ринок вимагає сьогодні значного збільшення виробництва високооктанових бензинів, потреба в яких в майбутньому буде тільки зростати [15].

Як вже вище зазначалося, вітчизняні нормативи на склад відпрацьованих газів в 5-8 раз поступаються чинним стандартам США, але і вони порушуються як при випуску автомобілів, так і при їх експлуатації. З початку 70-х до середини 80-х років вдалося домогтися зниження викидів у серійних машин в півтора-два рази. З 1985 року в Російській Федерації поступово знижується випуск етилованого бензину, впроваджуються нові марки бензинів АІ-80, АІ-91, АІ-92, АІ-95, АІ-98 і розробляються нові ГОСТи [18].

У нашій країні розроблені метанольні бензини (ТУ 38 101909 - 82), що містять 5% метанолу (БМ-5, без стабілізатора) і 15% метанолу з 7% ізобутанолу (БМС-15). У 1982-83г.г. проведені лабораторно-стендові і

лабораторно-дорожні випробування дослідних зразків [19]. Випробуваннями встановлено, що дослідні зразки бензинометанольних сумішей за основними фізико-хімічними показниками та експлуатаційними властивостями відповідали затвердженим вимогам. Серед недоліків відзначені: значне погіршення стану ущільнюючих елементів системи живлення двигунів, збільшення витрати палива на 7-19%, відмови системи подачі палива через утворення парових пробок при температурі повітря вище 20 ° С, схильність сумішей до розшарування в процесі транспортування і зберігання, тенденція до підвищення зносу деталей циліндро-поршневої групи і необхідність передпускового розігріву двигуна при температурі навколишнього повітря нижче 0 ° С. Зазначені недоліки обумовлювали необхідність в доопрацюванні двигунів, системи живлення двигунів і вирішенні інших технічних завдань. Крім того, слід враховувати, що метанол є сильною отрутою.

З наведених причин застосування бензинометанольних сумішей було визнано недоцільним. У той же час державні випробування автомобільних бензинів з МТБЕ (1981-83г.г.) Показали, що автомобільний бензини з МТБЕ за фізико-хімічними властивостями і експлуатаційними показниками практично рівноцінні товарних бензинів А-76 і АІ-93. У нашій країні допускається введення в бензини різних марок 8-15% МТБЕ або суміші МТБЕ (60%) і треттбутанолу (40%). Ці бензини за основними фізико-хімічними показниками відповідають ГОСТ 2084-77.

Стан деталей двигунів і відкладень на них як при роботі на досвідчених, так і на товарних бензинах практично однакові. Доопрацювання двигунів, а також технічних засобів зберігання і доведення продукту до споживача не потрібно. Тому автомобільні бензини А-76 і АІ-93, отримані шляхом змішування авто бензину А-72 (етилованого і неетилірованого) з 8 і 11% МТБЕ відповідно, допущені Держкомісією до виробництва і застосування (Рішення Держкомісії від 26.01.81г. Протокол І і від 11.10.83г. протокол 2) [19].

Завдяки науковим досягненням, також розробляються нові системи запалювання, мікропроцесорні системи управління запалюванням, багато точковим уприскуванням палива і нові системи нейтралізації ОГ [16]. Однак їх впровадження явно затягнулося. Але все збільшується російський автопарк підштовхує до прийняття рішучих заходів. Першим з необхідних кроків в цьому напрямку стало введення в Росії нових норм на склад відпрацьованих газів Євро-1 і Євро-2.

Значне посилення норм на викиди токсичних речовин з ОГ автомобілів і помітне скорочення, а в ближчій перспективі повна відмова від застосування етилованого бензину, зумовлюють дефіцит високооктанових компонентів на багатьох НПЗ. Ефективним способом вирішення цієї проблеми може стати використання в складі бензину високооктанових кисневмісних сполук, до числа яких належить етанол і добавки на його основі. Аналіз сировинних ресурсів показує, що в країнах СНД в даний час вільні потужності виробництва етанолу, зокрема, на Хорском гідролізному заводі, Кіровском біохімічному заводі, в ВАТ "Самарський завод" Етанол".

### **Висновки до розділу**

1. На основі аналізу наявних публікацій встановлено, що екологічна безпека автомобільного транспорту в значній мірі залежить від показників якості застосовуваного палива: змісту етилової рідини, ароматичних вуглеводнів, сірки.

2. Показано, що одним із шляхів для вирішення екологічної та ресурсної проблеми виробництва високооктанових неетильованих бензинів є застосування оксигенатів (спиртів і ефірів).

3. Аналіз літературних даних і зарубіжного досвіду використання бензино-етанольного палива показує, що для успішного використання етанолу в складі вітчизняних бензинів необхідно вирішити завдання поліпшення експлуатаційних властивостей бензинів з етанолом в частині

фізичної стабільності, корозійної активності по відношенню до металевих поверхонь, агресивності до гумовотехнічним виробам.

4. На підставі вищесказаного, основним завданням, є дослідження використання спиртових бензинів та октанопідвищуючих добавок на основі етанолу і композицій не етилованих бензинів, що тримають ці добавки двигунами транспортних засобів.

## РОЗДІЛ 2

### ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕТАНОЛУ В ЯКОСТІ ВИСОКООКТАНОВОГО КОМПОНЕНТА АВТОМОБІЛЬНОГО БЕНЗИНУ

#### 2.1 Об'єкт дослідження

Метою даного етапу роботи є усунення зазначених недоліків і встановлення можливості використання етанолу, одержуваного різними способами, як октано збільшувальної добавки автомобільних бензинів.

Як об'єкти досліджень і випробувань обрані:

1. Абсолютований етанол, виробництва Демаркет Б-хх, Мчп "(ТУ 38.302-15-02-94) з концентрацією етанолу не менше 99,3% і вмістом води не більше 0.7%;

2. Гідролізний етанол, виробництва Наумовский спиртовий завод (ГОСТ 18300-87) з концентрацією етанолу не менше 96% і вмістом води не більше 4%;

Як вуглеводневих баз використані: товарні неетилірованні бензини марок А-72, А-76, А-91, А-93, А-95 по ГОСТ-2084-77, бензин А-92 по ТУ 38.011165-87, бензинова база А-80 (ОЧИ 77.4).

#### 2.2 Характеристики етанолу

Якість досліджених зразків етанолу (гідролізного і синтетичні-чеського абсолютований) наведено в табл. 2.1. Зразки гідролізного і синтетичного етанолу були досліджені і випробувані за основними показниками якості, вибір яких обумовлювався основними вимогам, що пред'являються до автомобільних бензинів по ГОСТ 2084 і комплексу методів кваліфікаційної оцінки бензинів (ухвалено ГМК протокол № 3 від 25.04.96 ). Дані за фізико-хімічними та Антидетонаційна властивостями досліджених зразків гідролізного і синтетичного етанолу наведені в табл. 2.1 і табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Якість зразків етанолу

| № з/п | Найменування показника  | Етанол по ГОСТ 18300-87                        |              | Етанол по ТУ38.302-15-02-94                |             |
|-------|---|--|--------------|--|-------------|
|       |   | Норма по ГОСТ                                  | Факт, дані   | Норма по ТУ                                | Факт, дані  |
| 1     | 2   | 3  | 4            | 5  | 6           |
| 1     | зовнішній вигляд  | Прозора б/колір. рідина без мех. присадок      | відповідний  | Прозора б/колір. рідина, без мех. присадок | відповідний |
| 2     | Запах   | Характерний для Е10Н, без запаху сторонніх в-р | Відповідний. | —  | —           |
| 3     | вміст етанолу, % об.  | н/м 96.2                                       | 96.7         | н/м 99.3                                   | 99.8        |
| 4     | Щільність при 20°C, г/см <sup>3</sup>                                   | —  | 0.798        | н/б 0.793                                  | 0.790       |
| 5     | Концентрація кислот в перерахунку на оцтову кислоту, мг/дм <sup>3</sup> | н/б 10   | 6.9          | н/б 30                                     | 4.23        |
| 6     | Концентрація альдегідів в безвод., мг/дм <sup>3</sup>                   | н/б 4  | 4.0          | —  | —           |
| 7     | Концентрація сивушного масла в безводному спирту мг/дм <sup>3</sup>     | н/б 4  | 2.0          | —  | —           |
| 8     | Концентрація складних ефірів в безводному спирту, мг/дм <sup>3</sup>    | н/б 25   | 17.8         | -  | -           |
| 9     | Концентрація сухого залишку, мг/дм <sup>3</sup>                         | н/б 2  | відсутня     | н/б 30                                     | 30          |
| 10    | Питомий об'ємний електричний опір, Ом м                                 | н/м 1.3-104                                    | 1.3-104      | н/м 2-105                                  | 2-10s       |

Таблиця 2.2 – Фізико-хімічні і антидетонаційні властивості етанолу

| № з/п | Найменування показників          | Норми по ГОСТ 2084-77 и комале-ксу методів кваліф. оцінку | Гідролізний етанол по ГОСТ 18300-87 | Абсолютн. етанол по ТУ 38.302-1502-94 | Метод випробування          |
|-------|----------------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| 1     | 2                                | 3   | 4                                   | 5                                     | 6                           |
| 1     | Детонаційна стійкість: ОЧ/М ОЧ/И |   | 94.0 111.0                          | 93.3 111.0                            | ГОСТ 511-82<br>ГОСТ 8226-82 |
| 1     | 2                                | 3   | 4                                   | 5                                     | 6                           |

## Продовження табл. 2.2

| 1  | 2   | 3                                 | 4        | 5        | 6  |
|----|---|-----------------------------------|----------|----------|--|
| 2  | Тиск насичених парів, кПа (мм рт.ст.)                                   | БЛВ н/б 66.7<br>БЗВ 66.7-<br>93.3 | 11.7     | 12..3    | ГОСТ<br>28781-90                           |
| 3  | Концентрація фактичних смол, мг на 100 см <sup>3</sup> ЕЮН              | н/б 5                             | 0.2      | 1.0      | ГОСТ 1567-83                               |
| 4  | Кислотність, мг КОН на 100 СМУ етанолу                                  | н/б 2                             | 1.45     | 0.047    | ГОСТ 5985-79                               |
| 5  | Масова частка води, %   | —                                 | 4.0      | 0.12     | ГОСТ 24614-81                              |
| 6  | Втрати від випаровування, %   | БЛВ н/б 3.                        | Відсутні | 0.4      | ГОСТ 6369-75                               |
| 7  | Парові пробки, °С(температура при співвідношенні пар-рідина рівному 20) | БЛВ н/м 50<br>БЗВ.н/м30           | 80       | 80       | ГОСТ 22055-76                              |
| 8  | Корозія на мідній пластинці   | витримує                          | витримує | витримує | ГОСТ 6321-65                               |
| 9  | Корозія на сталевій пластинці, г/м <sup>2</sup>                         | н/б 5                             | 0.7      | 0.9      | ГОСТ 18597-73                              |
| 10 | Корозія на свинцевій пластинці, г/м <sup>2</sup>                        | —                                 | 0.2      | 0.3      | Рішення<br>ГМК №23<br>(122 от<br>05.07.85) |

Аналіз даних (табл. 2.2) дозволяє зробити висновок, що етиловий спирт за показниками, які характеризують випаровуваність, а саме, тиск насичення парів, втрати від випаровування і температура освіти парової пробки, відповідають нормованим значенням для бензинів по ГОСТ 2084-77 і комплексу методів кваліфікаційної оцінки. Значення по корозійній активності етанолу на мідну, сталеву і свинцеву пластини не перевищують нормованих показників і перебувають на рівні товарних бензинів. Таким чином, можна припустити, що залучення до складу бензину етилового спирту не призведе до суттєвих зрадів-вам основних показників якості автомобільного палива. Дослідження впливу етанолу на антидетонаційні і фізико-хімічні властивості бензину є наступним етапом роботи.



## **2.3 Вплив етанолу на антидетонаційні і фізико-хімічні властивості палива**

### **2.3.1 Вплив етанолу на антидетонаційні властивості палива**

За літературними і експериментальними даними встановлено, що етанол в чистому вигляді є високооктанових з'єднанням. Тому, представляло інтерес дослідити антидетонаційну ефективність спирту вітчизняного виробництва в залежності від його змісту в паливній композиції і її вуглеводневого сполучення в порівнянні з другими відомими високооктановими сполуками.

Порівняльну антидетонаційну ефективність етанолу та інших октано підвищуючих добавок і компонентів оцінювали за приростом октановим нового числа (А 04) суміші "70" (70% ізооктану і 30% н-гептану) і контрольна палива КТ-2 (62% толуолу і 38 % н-гептану) (табл. 2.3.). Для оцінки детонаційної стійкості етанолу в традиційних бензинових компонентах проведені випробування бензинових фракцій з межами кипіння 56-199 ° С (бензин каталітичного риформінгу), 40-190 ° С (бензин каталітичного крекінгу), товарних бензинів марки А-72, А-76 і А-91.

Детонаційні випробування проводили в лабораторних умовах на стандартних одноциліндрових моторних установках УІТ-85 по ГОСТ 511-82 (моторний метод) і по ГОСТ 8226-82 (дослідницький метод). Результати випробувань етанолу двох марок (по ГОСТ 18300 і ТУ 38.302-15-02-94) представляють усереднені значення октанових чисел і, відтак, їх приросту (табл. 2.3), так як отримані фактичні значення для кожного з спиртів відрізнялися один від одного в межах похибки методу .. Отримані результати випробувань свідчать, що прийомистість до етанолу тим вище, чим менше октанове число бензину. Найбільший приріст октанового числа при однаковому змісті етанолу в бензинах спостерігається в суміші "70".

Таблиця 2.3 – Антидетонаційна ефективність етанолу та інших октанопідвищуючих добавок

| № з/п | Найменування і вміст в суміші оксигенату, добавки і присадки (% мас.) | Суміш "70"*              |                 | КТ-2**         |                 |
|-------|---|--------------------------|-----------------|----------------|-----------------|
|       |   | Приріст октанового числа |                 |                |                 |
|       |   | моторний метод           | дослідний метод | моторний метод | дослідний метод |
| 1     | 2   | 3                        | 4               | 5              | 6               |
| 1     | Етанол  |                          |                 |                |                 |
|       | 5   | 4.2                      | 5.6             | 2.9            | 3.4             |
|       | 10  | 8.2                      | 9.9             | 5.6            | 6.4             |
|       | 15  | 12.1                     | 14.2            | 8.2            | 9.2             |
| 2     | МТБЭ  |                          |                 |                |                 |
|       | 5   | 3.0                      | 3.0             | 2.4            | 1.5             |
|       | 10  | 5.9                      | 6.2             | 5.1            | 3.2             |
|       | 15  | 8.8                      | 9.0             | 7.1            | 5.3             |
| 3     | ЭТБЭ  |                          |                 |                |                 |
|       | 5   | 3.7                      | 3.9             | 1.9            | 1.6             |
|       | 10  | 6.6                      | 7.2             | 4.9            | 4.3             |
|       | 15  | 9.4                      | 10.3            | 6.7            | 5.1             |
| 4     | дипе  |                          |                 |                |                 |
|       | 5   | 1.3                      | 1.5             | 1.6            | 1.2             |
|       | 10  | 3.7                      | 3.0             | 3.4            | 2.5             |
|       | 15  | 5.7                      | 4.6             | 5.0            | 3.8             |
| 5     | Алкилат   |                          |                 |                |                 |
|       | 5   | 2.0                      | 2.2             | 1.1            | 0.6             |
|       | 10  | 4.0                      | 4.4             | 1.8            | 0.9             |
|       | 15  | 5.6                      | 6.7             | 2.6            | 1.2             |

Аналіз порівняльних випробувань (табл. 2.3) з відомими октанопідвищувальними добавками і компонентами показує, що при рівних їх концентраціях антидетонаційна ефективність етанолу істотно вище. Отже, використання етанолу в якості октанопідвищувальних добавок краще, ніж застосування МТБЕ, ЕТБЕ і інших добавок в тій же кількості.

Результати детонаційних випробувань етанолу в бензинових компонентах і товарних бензинах показують, що з підвищенням октанового числа базових бензинів антидетонаційна ефективність етанолу знижується (рис. 2.1). Найбільшу прийомистість до етанолу мають товарні бензини марок А-72 і А-76, вуглеводневий склад яких представлений в основному парафінові вуглеводнями.

Найменшу прийомистість до етилового спирту показав бензин каталітичного крекінгу, що має в своєму складі близько 9% (об.) Олефінових

і 14% ароматичних вуглеводнів. Дані по антидетонаційній ефективності (дослідницький метод) етанолу в бензині каталітичного риформінгу і товарного бензину А-91 не суттєво відрізняються один від одного і практично знаходяться на одному рівні. Це цілком об'яснимо з точки зору їх вуглеводневого сполучення (в обох паливах з-тримається близько 50% ароматичних вуглеводнів). Дані по моторному методу показують трохи більшу антидетонаційну ефективність етанолу в товарному бензині А-91.

Детонаційні випробування, проведені на товарних бензинах, показали можливість отримання бензинів А-76 (або А-80) з А-72 і А-95 з А-91 з використанням етанолу в концентрації до 10% травні. Для отримання високооктанових бензинів з етанолом краще використовувати бензинову базу, що складається переважно з бензину каталітичного риформінгу.

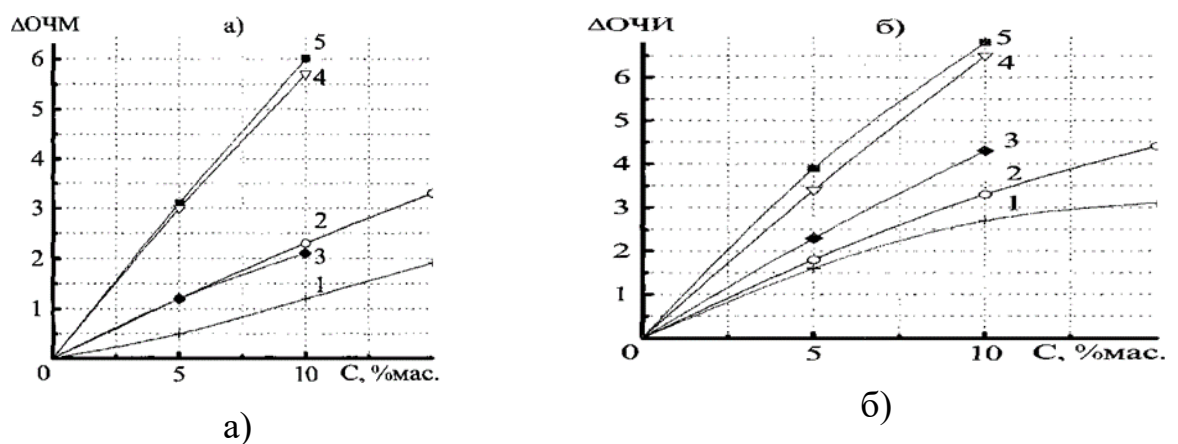


Рисунок 2.1 – Антидетонаційна ефективність етанолу в бензинових базах: АОЧМ і АОЧІ - приріст октанового числа по моторному (а) і дослідницькому (б) методам відповідно; 1 - бензин каталітичного крекінга (ОЧМ 79.8, ОЧИ 90.3), 2 - бензин каталітичного риформінгу (ОЧМ 83.3, ОЧИ 92.6), 3 - А-91 (ОЧМ 82.8, ОЧИ 91.5), 4 - А-76 (ОЧМ 76.0, ОЧИ 80.0), 5 - А-72 (ОЧМ 72.4, ОЧИ 76.2)

### 2.3.2 Вплив етанолу на фізико-хімічні властивості бензину

Дослідження впливу етанолу на фізико-хімічні властивості бензиновій і встановлення можливості його використання в якості октанопідвищувальної добавки проводились на дослідних зразках авто бензинів з різним вмістом

етанолу, отриманого за різними технологіями. Були проведені випробування в обсязі вимог ГОСТ 2084-77 і комплекс методів кваліфікаційної оцінки. Результати випробувань представлені табл. 2.4, 2.5 і 2.6. Особливу увагу було приділено показникам: випаровування, корозійної активності і фазової стабільності.

За результатами табл. 2.4 видно, що значення показників, характеризуючих випаровуваність бензинів, а саме, втрати від випаровування і температуру освіти парової пробки, для бензиноспиртової суміші несуттєво відрізняються від відповідних показників вихідного бензину. Ніяке підвищення тиску насичених парів (4-8 кПа) і зниження температури (4-7 °С) відгону 10% фракції пояснюється утворенням азеотропів етанолу з легкими вуглеводнями бензину, що мають більш низькі температури кипіння, так наприклад : етанол - гексан має температуру кипіння 58 °С при температурах кипіння етанолу - 78 і гексану - 68.7 °С.

Корозійну активність бензинів з етанолом оцінювали стандартним методом за дією на сталеву пластину (ГОСТ 18597-73) і спеціальним методом, розробленим для бензинів, що містять оксигенати (Рішення ГМК № 23 / 1-122 від 5.07.85) за дією на свинцеву пластину. Отримані значення корозійної активності БЕС не перевищують величин для вихідних бензинових баз.

Результати випробувань (табл. 2.4, 2.5 і 2.6) показали також, що бензин АІ-93 з 6% етанолу, АІ-95 з 8% етанолу виробництва ВАТ "Самарській завод" Етанол ", АІ-95 з 12% етанолу ХДЗ повністю відповідають вимогам ГОСТ 2084-77 на автомобільні бензини і задовольняють затвердженим нормам комплексу методів кваліфікаційної оцінки (ухвалено ГМК, протокол № 3 від 32.04.96).

Таблиця 2.4 – Вплив етанолу на якість бензинових баз і товарних бензинів

| № з/п | Найменування показників                                      | Етанол по ГОСТ 18300-87         |  | Етанол по ТУ 38.302-15-02-94 |                |                               |              | Метод випробування |
|-------|--|---------------------------------|--|------------------------------|----------------|-------------------------------|--------------|--------------------|
|       |  | Бензин каталітичного риформінгу | Бензин каталітичного риформінгу + 10% EtOH | Товарний А-91 ГОСТ 2084-77   | А-91 + 6% EtOH | Товарний А-92 ТУ 38.011165-87 | А92+8% EtOH  |                    |
| 1     | 2  | 3                               | 4  | 5                            | 6              | 7                             | 8            | 9                  |
| 1     | Детонаційна стійкість: ОЧ/М                                  | 83.3                            | 85.6                                       | 83.4                         | 85.6           | 83.8                          | 85.8         | ГОСТ 511-82        |
|       | ОЧ/И   | 92.6                            | 95.4                                       | 91.2                         | 93.4           | 92.5                          | 95.2         | ГОСТ 8226-82       |
| 2     | Фракційний склад: температура початку перегонки бензину, °С; | 46                              | 45   | 37                           | 37             | 42                            | 43           |                    |
|       | 10% бензину переганяється при температурі °С;                | 70                              | 63   | 60                           | 56             | 66                            | 59           |                    |
|       | 50% бензину переганяється при температурі °С;                | 108                             | 107  | 109                          | 110            | 115                           | 113          |                    |
|       | 90% бензину переганяється при температурі °С;                | 157                             | 156  | 155                          | 156            | 168                           | 165          |                    |
|       | кінець кипіння бензину, °С;                                  | 199                             | 195  | 193                          | 193            | 193                           | 195          | ГОСТ 2177-82       |
|       | Залишок в колбі, % об. залишок і втрати, % об.               | 1.2                             | 0.8  | 1.0                          | 0.8            | 0.9                           | 0.8          |                    |
|       | залишок і втрати, % об.                                      | 2,0                             | 2,2  | 3,0                          | 3,0            | 3,0                           | 3,0          |                    |
| 3     | Тиск насичених парів, кПа (мм.рт.ст.)                        | 37.3 (298)                      | 45.1 (339)                                 | 60 (450)                     | 64.2 (481)     | 39.7 (298.1)                  | 44.1 (331.2) | ГОСТ 28781-90      |
| 4     | Втрати від випаровування, % мас.                             | 0.45                            | 0.5  | —                            | —              | —                             | —            | ГОСТ 6369-75       |

## Продовження табл. 2.4

| 1  | 2  | 3    | 4    | 5       | 6       | 7    | 8    | 9                                   |
|----|--|------|------|---------|---------|------|------|-------------------------------------|
| 5  | Схильність до утворення парових пробок: температура при співвідношенні пар - рідини рівна 20, °С | 65   | 60   | 62      | 59      | 64   | 61   | Рішення ГМК № 23/1-122 від 05.07.85 |
| 6  | Концентрація фактичних смол мг/100см <sup>3</sup> бензину  | 1,8  | 1,6  | відсутн | відсутн | 1,3  | 1,3  | ГОСТ 1567-83                        |
| 7  | Хімічна стабільність мг/100см <sup>3</sup>   | 42   | 40,5 | -       | -       | -    | -    | ГОСТ 22054-76                       |
| 8  | Кислотність мг/КОН/100см <sup>3</sup> бензину  |      | 0,28 | 0,30    | 0,27    | 0,06 | 0,06 | ГОСТ 5985-79                        |
| 9  | Корозійна активність в умовах конденсації води: зміна маси сталевий пластини г/м <sup>2</sup>    | 0,73 | 0,70 | 1,5     | 1,52    | 1,3  | 1,3  | ГОСТ 18597-73                       |
| 10 | Корозійна активність: зміна маси свинцевої пластини г/м <sup>2</sup>                             | -    | 0,7  | -       | 0,4     | -    | 0,7  | Рішення МГК №23/1-122 від 05,07,85  |
| 11 | Фазова стабільність, температура помутніння, °С  | <-30 | <-18 | <-50    | <-30    | <-50 | <-30 | Рішення МГК №23/1-122 від 05,07,85  |

Слід зазначити, що перераховані в розділі 2.2. показники бензино-етанольного палива значно краще аналогічних для бензино метанольних палив [6], [19]. Позитивний вплив етанолу на характеристики бензино-етанольного палива підтверджено результатами випробувань [16].

Таблиця 2.5 – Результати випробувань дослідного зразка авто бензину А-95, що містить 12% етанолу, на відповідність вимогам ГОСТ 2084

| № з/п | Найменування показників  | Вимоги ГОСТ 2084-77  | результати випробувань                      | Метод випробувань           |
|-------|--|--|---|-----------------------------|
| 1     | 2  | 3  | 4   | 5                           |
| 1     | Детонаційна стійкість: ОЧ/М<br>ОЧ/И  | не менше 85<br>не менше 95   | 86.2<br>96.8                                | ГОСТ 511-82<br>ГОСТ 8226-82 |
| 2     | вміст свинцю, г/дм <sup>3</sup>  | не більше 0.013  | відсутній                                   | ГОСТ 28828-90               |
| 3     | Тиск насичених парів, кПа  | не більше 66.7   | 49  | ГОСТ 2878790                |
| 4     | Кислотність (КОН) мг/100 см <sup>3</sup>   | не більше 2.0  | 0.23  | ГОСТ 5985-79                |
| 5     | Фракційний склад бензину:<br>температура початку<br>перегонки, ° С;<br>10% переганяється при Т ° С;<br>50%переганяється при Т ° С;<br>90%переганяється при Т ° С;<br>кінець кипіння бензину, ° С<br>залишок в колбі, % об.<br>залишок і втрати, % об | не нижче 30<br>не вище 75<br>не вище 120<br>не вище 180<br>не вище 205<br>не більше 1.5<br>не більше 4.0 | 52<br>65<br>119<br>173<br>197<br>0.9<br>2.0 | ГОСТ 2177-82                |
| 6     | Концентрація факт, смол,<br>мг/100 см <sup>3</sup>   | не більше 5.0  | 1.0   | ГОСТ 1567-79                |
| 7     | Індукційний період, хв.  | не менше 900   | —   | ГОСТ 4039-88                |
| 8     | вміст сірки, % мае.  | не більше 0.1  | 0.016                                       | ГОСТ 1912-73                |
| 9     | Випробування на мідній<br>пластині   | витримав   | витримав                                    | ГОСТ 6321-69                |
| 10    | Водорозчинні кислоти і луги  | відсутні   | відсутні                                    | ГОСТ 6307-69                |
| 11    | Механічні домішки і вода   | відсутні   | відсутні                                    | ГОСТ2084-77                 |
| 12    | щільність при 20°С, кг/м <sup>3</sup>  | Не нормуються  | 780   | ГОСТ 3900-85                |

Таким чином, на підставі позитивних результатів проведених лабораторних випробувань була підтверджена принципова можливість використання гідролізного етанолу (ГОСТ 18300-87) Хорскім гідролізного заводу і етанолу абсолютований, синтетичного (ТУ 38.302–15-02-94) ВАТ "Самарський завод "Етанол" в якості октанозбільшуючої добавки для автомобільних бензинів вітчизняного виробництва.

Таблиця 2.6 – Результати випробувань дослідного зразка авто бензину АІ-95, що містить 12% етанолу

| № з/п | Найменування методу випробування   | Норма                        | Результат | Метод випробування                              |
|-------|--|------------------------------|-----------|---|
| 1     | Втрати від випаровування, % мас.   | БЛВ, не більше 3             | 0.55      | ГОСТ 6369-75                                    |
| 2     | Оцінка схильності бензинів до утворення парових пробок: температура при співвідношенні пар-рідина, рівному 20    | БЛВ, не менше 50             | 68        | ГОСТ 22055-76                                   |
| 3     | Хімічна стабільність: сума продуктів окислення, мг на 100 см бензину   | не більше 100                | 43,2      | ГОСТ 22054-76                                   |
| 4     | Груповий вуглеводневий склад: вміст ароматичних вуглеводнів, %<br>об. содержание олефиновых углеводородов, % об. | не більше 45<br>не більше 25 | 45<br>2,3 | Рішення ГМК №23/189 від 25.05.87                |
| 5     | Корозійна активність в умовах конденсації води: зміна маси сталеві пластини, г / м <sup>2</sup>                  | не більше 5                  | 0,52      | ГОСТ 18597-73                                   |
| 6     | корозійна активність: зміна маси свинцевою пластини, г/м <sup>2</sup>  | —                            | 0,2       | Рішення ГМК №23/ 1-122 от 5.07.85.              |
| 7     | Оцінка схильності до утворення відкладень у впускній системі: масова кількість утворених відкладень, мг          | не більше 100                | 39        | Рішення ГМК № 23/1-56 от 15.02.80               |
| 8     | Фазова стабільність: значення температури помутніння, °С   | БЛВ, не більше -5            | -20       | Рішення ГМК №23/ 1122 от 5.07.80                |
| 9     | Оцінка розподілу детонаційної стійкості по фракціях: коефіцієнт розподілу детонаційної стійкості                 | не менше 0,75                | 0,89      | ГОСТ 26370-84 Рішення ГМК №23/ 1-78 от 17.05.78 |

#### 2.4 Дослідження впливу етанолу на фазову стабільність палива

Основним недоліком бензино-спиртових палив є їх фазова нестабільність, обумовлена наявністю в них невеликих кількостей води і, як наслідок, обмеженою взаємною розчинністю компонентів. Природно, що проблема фазового поділу бензино-спиртових сумішей знімається, якщо



використовувати абсолютований спирт. Однак в реальних умовах зберігання і транспортування бензино-спиртового палива неминуче його обводнення за рахунок попадання води в паливо різними шляхами. Основними причинами обводнення являється: волога транспортних ліній, вода, що просочується в сховища топ-ліва і конденсується з повітря при температурних коливаннях, а також вода, яку вносить обводнених етиловим спиртом. Поруч зарубіжних компаній проведені спеціальні дослідження по зміні складу бензинів з КСС під час його транспортування від виробника до заправних станцій і під час зберігання. Так, в роботі [16] встановлено, що при транспортуванні бензину з 4-15% метанолу і з 5% трет-бутанола протягом 5 діб бензин поглинає кількість води, що приводить до розшаруванню бензино-спиртового палива.

У зв'язку з вище сказаним представляло інтерес оцінити граничну кількість води, здатне потрапити в паливо за рахунок конденсації атмосферної водяної пари. Вихідними даними для розрахунку є довідкові дані по рівноважного вмісту води в повітрі [16]. Для розрахунку прийнято обсяг бензобака - 100 л, об'єм палива 50 л, об'єм повітряної фази 50 л. При граничному добовому падінні температури від 20 і 30 до 0 ° С гранична кількість конденсату одно:

$$20^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}, 12.46 \text{ г / м}^3 \text{ і } 30^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C}, 25.53 \text{ г / м}^3$$

Це відповідає додатковому розчиненню в 50 л палива, відповідно, 0.623 і 1.27 г (мл) води. Таким чином добовий граничний перепад концентрації води в паливі дорівнює 0.00125% і 0.00254%. При тривалості процесу в 10 діб приріст кількості води в паливному баку відповідно дорівнює 0.01 і 0.02%. Це гранично можливе потрапляння води в паливо за умови зміни температур від 20 і 30 ° С до 0 ° С. При реальних коливаннях температури на 10 ° С кількість води, що потрапляє в паливо, виявляється мало з вмістом води в паливі (0,002 -0,003%):

$$10^{\circ}\text{C} - 0^{\circ}\text{C} 0.00046\% \quad 20^{\circ}\text{C} - 10^{\circ}\text{C} 0.00079\% \quad 30^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C} 0.0013\%$$

Таким чином, основну небезпеку для палива представляє вода, що міститься

у внесених в бензин спиртах та під товарна вода, що попадає в трубопроводи і сховища бензинового палива і обумовлює його розшарування.

У нашій роботі ми відзначали, що при фазовому поділі бензино-етанольного палива за рахунок розподілу етанолу між фазами його вміст у бензиновому шарі зменшується, що веде до зменшення октанового числа палива [16]. Кількісну оцінку змісту оксигенатов в паливі проводили методом ІЧ-спектроскопії (ASTMD 5845) з використанням аналізатора IROX (Grabner, Австрія), який може використовуватися в лабораторних і польових умовах [164]. Для моделювання реальних умов зберігання бензино-спиртового палива в цистерні, на дні якої зібралася сконденсована вода, в дослідні зразки бензину А-76 вводили етанол, що містить 0.5% води. Паливо витримували протягом доби при 20 ° С над шаром води, що становить 1-5% травні. від кількості палива. Отримані дані [16] показали, що зміна концентрації спирту в паливі ( $C_T$ ) описується рівнянням:

$$C_T = 1.06C_0 - 0.58 W - 0.24 \quad (R = 0.999),$$

де  $C_0$  - початкова концентрація етанолу в паливі (% мас.),  $W$  - кількість під товарної води по відношенню до палива (% мас.).

З представленого рівняння видно, що використання бензину з високою концентрацією етанолу значно вигідніше з точки зору зберігання і транспортування такого палива. Отримані дані переконують в необхідності оперативного контролю за реальним вмістом етанолу в паливі. Крім визначення вмісту етанолу в бензині обов'язковим параметром, що вимагає контролю, є фазова стабільність бензинів, що містять етанол, яку оцінюють по температурі їх помутніння (ГОСТ 5066-56). Характеристики об'єктів дослідження представлені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Коротка характеристика об'єктів випробувань

| № з/п | Найменування об'єкта       | Вміст води, % мас. | Щільність при 20°C, кг/м <sup>3</sup> | склад, % об.           |
|-------|----------------------------|--------------------|---------------------------------------|------------------------|
| 1     | 2                          | 3                  | 4                                     | 5                      |
| 1.    | Бензин АІ-93, ГОСТ 2084-77 | 0.003              | 720                                   | 38 % аром, вуглеводнів |
| 2     | Бензинова база А-80        | 0.002              | 726                                   | 24 % аром, вуглеводнів |

## Продовження табл. 2.7

| 1  | 2   | 3     | 4   | 5                      |
|----|---|-------|-----|------------------------|
| 3. | Етанол абсолютований ТУ 38.302-15-02-94   | 0.36  | 790 | 99.6 % етанолу         |
| 4. | етанол гідролізний ГОСТ 18300-87  | 4.0   | 798 | 96.7 % етанолу         |
| 5. | Бензинова база (80% бензину каталітичного риформінгу, 10% бензину каталітичного крекінгу, 10% бензину прямої перегонки) | 0.005 | 770 | 35 % аром, вуглеводнів |

На рис. 2.2 представлені деякі з отриманих кривих розчинності, що характеризують залежність граничної розчинності компонентів від температури суміші.

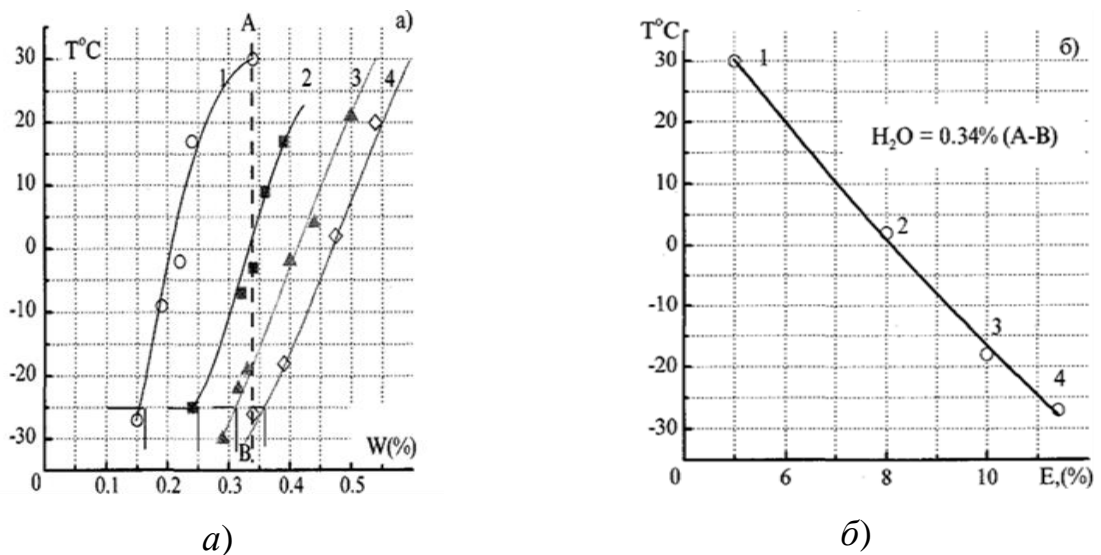


Рисунок 2.2 – Залежність температури помутніння ( $T$  °C) бензино-етанольного палива (24% ароматики в бензині) від вмісту в ньому - а) води ( $W$ , %): 1) 5% етанолу; 2) 8% етанолу; 3) 10% етанолу; 4) 11,4% етанолу і - б) етанолу ( $E$ , %).

Область складів над кривими розчинності відповідає гомо фазним сумішам, а під кривими розчинності - гетеро фазна. З рис. 2.2. видно, що для збереження гомогенності суміші при температурі  $-25$  °C, вміст води в паливі не повинно перевищувати: 0.15% для бензину з 5% етанолу (крива 1), 0.25% для бензину з 8% етанолу (крива 2), 0.30%; для бензину з 10% етанолу (крива 3) і 0.35% для бензину з 11.4% етанолу (крива 4). З представлених експериментальних даних випливає, що при постійній концентрації води

(лінія АВ, рис. 2.2а) температура помутніння знижується зі збільшенням концентрації спирту в паливі (рис. 2.2б).

Одночасне вплив концентрації води та етанолу на температуру помутніння бензино-етанольного палива представлено в тривимірній діаграмі (рис. 2.3 а).

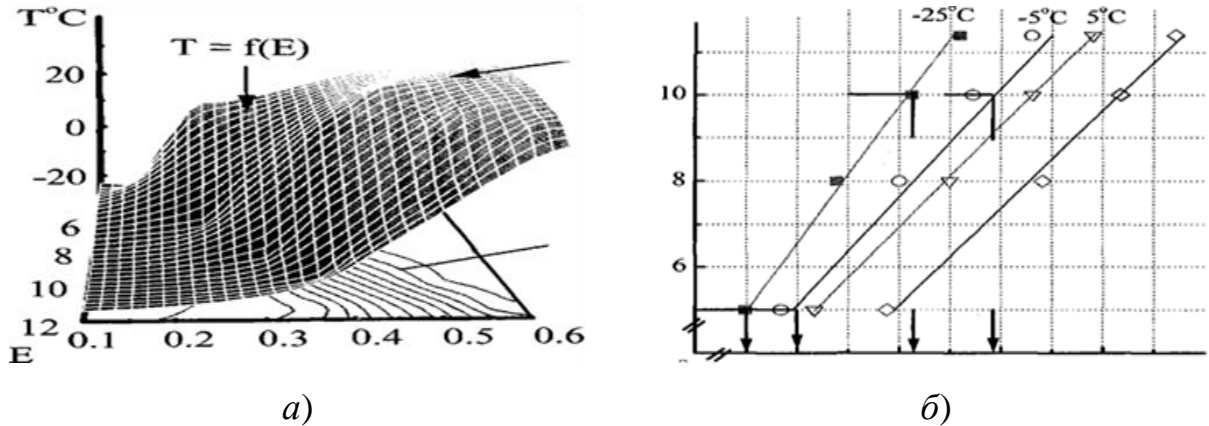


Рисунок 2.3 – Залежність температури помутніння палива від концентрації в ньому етанолу (E,% травні.) і води(%); б – ізотерми розчинності в системі бензин-етанол-вода; зміст ароматичних вуглеводнів в бензині - 24% мас.

Проекція поверхні фазового рівноваги на площину E-W дає серію ізотерм  $E = f(W)$  (рис. 2.3б), на підставі яких можна визначити гранично допустиму для даної температури вологість палива і кількість етанолу, необхідного для гомогенізації БЕС. Так для бензину зимового виду (БЗВ, -25 ° C) з 5% етанолу вміст води в паливі не повинно перевищувати 0.15%, для БЗВ з 10% етанолу - 0.32%. Залежно  $E = f(W)$ , представлені на рис. 2.3б для вузького інтервалу концентрацій етанолу (5 - 12% травні.) і води (0.1 - 0.6% травні.) Можуть бути представлені лінійним дво- параметричних рівнянням регресій з точністю, достатньою для практичних розрахунків:

$$W = 0.009 + 0.040E + 0.004T \quad (R^2 = 0.988)$$

Встановлено, що концентраційні межі розширення БЕС залежать і від складу бензину. Зі збільшенням концентрації ароматичних сполук в бензині область гомогенних складів істотно збільшується. На рис. 2.4

показано спільне вплив вмісту ароматичних вуглеводнів і води в бензині на температуру скаламутити-вати бензино-етанольного палива.

З отриманих даних видно (рис. 2.2 - 2.4), що кількість води в системі є значно важливішим фактором розшаровування БЕС, ніж вміст спирту і ароматичних вуглеводнів в бензині. Тому центральним питанням при дослідженні фазової стабільності автомобільного палива є розширення області гомогенних складів за рахунок, так званих, стабілізаторів палива, гомогенізуючий систему бензин-спирт-вода. У науковій і патентній літературі опубліковано велику кількість робіт, присвячених різним стабілізаторам. Проведений патентний пошук [15] і аналіз літературних даних (див. Розділ 1) показали, що найбільш вивченими і часто вживаними стабілізуючими добавками для бензино-етанольних палив є аліфатичні спирти, головним чином, трет-бутиловий і ізо-пропіловий, алкілацетати, ефіри, кетони та інші класи органічних речовин.

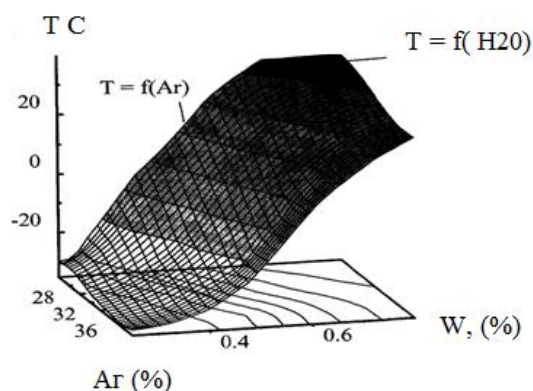


Рисунок 2.4 – Тривимірна діаграма залежності температури помутніння бензино-етанольного палива від концентрації в ньому води і ароматичеських вуглеводнів (Ar).

Використовують також суміші аліфатичних спиртів з діалкіловими ефірами, наприклад з МТБЕ, кетонами, альдегідами. Для збільшення розчинення води в БЕС використовують також типові поверхнево-активні речовини: вищі жирні кислоти і їх ефіри, спирти, аміни і амідні кислот і інші ПАВ [17].

## РОЗДІЛ 3

### МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1 Випробування автомобільних бензинів, що містять етанол

З метою визначення експлуатаційних характеристик бензинів, які містять етанол, були проведені лабораторно-стендові, дорожні і експлуатаційні випробування дослідно-промислового зразка бензину АІ-95Е. Автобензин був приготований на нафтобазі шляхом компаундування товарних неетиллованих автобензинів марок А-92, А-95 з абсолютованим синтетичним етанолом (табл. 2.1, 2.2). Рецепт зразка приведена в табл. 3.1. Зразок бензину з вмістом етанолу 5% (мас.) виготовлялась шляхом розбавлення А-95Е з 10% етанолу товарним бензином А-95.

Таблиця 3.1 – Рецепт зразка дослідно-промислового зразка неетильованого бензину А-95Е

| № з/п | Найменування компонента  | Вміст,% мас. |
|-------|--|--------------|
|       |  | фактичне     |
| 1     | Етанол по ТУ 38.32-15-02-94 (ТОВ "СЗ Етанол ")                     | 10           |
| 2     | Бензин А-95 по ГОСТ 2084-77 (ТОВ Мозирський нафтопереробний завод) | 27           |
| 3     | Бензин А-92 по ГОСТ 2084-77 (ТОВ Мозирський нафтопереробний завод) | 63           |

#### 3.3.1 Результати випробувань бензину А-95Е, що містить 10% етанолу

Зразок бензину А-95Е, що містить 10% етанолу, випробували на відповідність вимогам ТУ 38.401-1052-96 і затвердженим нормам комплексу методів кваліфікаційної оцінки автобензинів, що містять оксигенатів (затв. ГМК, протокол № 3 від 23.04.96). Отримані результати представлені в табл. 2.10 і 2.11.

Аналіз даних за фізико-хімічними та Антидетонаційними властивостями (табл. 2.10) показав, що якість бензину А-95Е повністю відповідний вимогам ТУ 38.4011052-96 на бензин літнього виду і нормам комплексу методів кваліфікаційної оцінки.

### 3.3.2 Лабораторно-стендові випробування бензину А-95Е

Визначення впливу кисневмісних компонентів дослідного зразка бензину А-95Е на показники потужності та економічні показники двигуна проводилося при порівнянні даних, отриманих при роботі на товарному бензині А-95 з Фетеролом виробництва ВАТ "Ухтинський НПЗ" з даними, отриманими при тих же умовах на дослідному бензині. Показники якості товарного бензину представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Показники якості товарного бензину

| № з/п | Найменування показників   | Норма по ТУ38.4011052-96 для літн. виду  | Результати випробування                     | Метод випробування          |
|-------|---|--|---|-----------------------------|
| 1     | 2   | 3  | 4   | 5                           |
| 1     | Детонаційна стійкість: октанове число по мотор, методу октанове число по дослідницькому методу  | не менше 85<br>не менше 95   | 86,1<br>96,3                                | ГОСТ 511-82<br>ГОСТ 8226-82 |
| 2     | Масова концентрація свинцю, г на 1 дм <sup>3</sup> бензину  | не більше 0,013  | менше 0,005                                 | ГОСТ 28828-90               |
| 3     | Тиск насичених парів, кПа (мм рт. Ст.)  | не більше 66,7 (500)   | 47,1 (353,5)                                | ГОСТ 28781-90               |
| 4     | Концентрація фактичних смол в мг на 100 см <sup>3</sup> бензину   | не більше 5,0  | 2,0   | ГОСТ 1567-83                |
| 5     | Кислотність, мг КОН на 100 см <sup>3</sup> бензину  | не більше 2,0  | відсутня                                    | ГОСТ 5985-73                |
| 6     | Індукційний період бензину на місці виробництва, хв   | не менше 900   | более 900                                   | ГОСТ 4039-88                |
| 7     | Фракційний склад:<br>Температура початку перегонки, °С<br>10% бензину переганяється при температурі, °С<br>50% бензину переганяється при температурі, °С<br>90% бензину переганяється при температурі, °С | не нижче 30<br>не вище 75<br>не вище 120<br>не вище 180<br>не вище 205<br>не більше 1,5<br>не більше 4,0 | 46<br>59<br>107<br>159<br>195<br>1,0<br>3,5 | ГОСТ 2177-82                |

## Продовження табл. 3.2

| 1  | 2   | 3                 | 4             | 5                                     |
|----|---|-------------------|---------------|---------------------------------------|
|    | Кінець кипіння бензину, °С<br>Залишок в колбі,% об.<br>Залишок і втрати,% об. |                   |               |                                       |
| 8  | Масова частка сірки, %  | не більше<br>0,10 | 0,021         | ГОСТ19121-71                          |
| 9  | Випробування на мідній пластині   | витримує          | витримав      | ГОСТ6321-69                           |
| 10 | Водорозчинні кислоти і луги   | відсутні          | відсутні      | ГОСТ 6307-75                          |
| 11 | Механічні домішки і вода  | відсутні          | відсутні      | По п. 5.3 ТУ<br>38.401-1052-96        |
| 12 | Щільність при 20°С, кг/м <sup>3</sup>   | не<br>нормується. | 775           | ГОСТ 3900-85                          |
| 13 | Фазова стабільність, температура помутніння, °С                               | не вище<br>- 5    | нижче<br>- 30 | По приложенію<br>АТУ<br>38.4011052-96 |

Фізико-хімічні і антидетонаційні властивості бензину АІ-95Е літнього виду

З огляду на, що обидва бензину, товарний і дослідні містять в своєму складі кисневмісні компоненти, порівняння бензинів по потужносними і економічними показниками проводилося за методом, затвердженим для палив з кисневмісними компонентами (Рішення ГМК № 23 / 1-167 від 16.12.85).

Таблиця 3.3 – Результати кваліфікаційних випробувань бензину А-95Е літнього виду

| № з/п | Найменування показника  | Затверджена норма | Фактичні дані    | Метод випробування            |
|-------|---|-------------------|------------------|-------------------------------|
| 1     | 2   | 3                 | 4                | 5                             |
| 1     | Розподіл детонаційної стійкості по фракціях: коефіцієнт розподілу детонаційної стійкості по фракціям (КРДС);<br>октанове число бензину, переганяючого до 100 °С (очи 100) | не менше<br>0,75  | 0,95<br><br>94,4 | ГОСТ 26370-84<br>ГОСТ 8226-82 |



## Продовження табл. 3.3

| 1  | 2   | 3                           | 4                | 5  |
|----|---|-----------------------------|------------------|--|
| 2  | Груповий вуглеводневий склад бензину: вміст ароматичних вуглеводнів,% об.<br>зміст олефінових вуглеводнів,% об. | не більше 55<br>небільше 25 | 48,4<br>3,4      | Решение ГМК № 23/1-89 от 25.05.87                  |
| 3  | Втрати від випаровування,% мас.   | не більше 3,0               | 1,0              | ГОСТ 6369-75                                       |
| 4  | Схильність бензину до утворення парових пробок: температура при співвідношенні пар / рідина рівному 20, ° С     | не менше 50                 | 66               | Решение ГМК № 23/1-122 от 5.07.85<br>ГОСТ 22055-76 |
| 5  | Хімічна стабільність бензину: сума продуктів окислення (СПО), мг на 100 см <sup>3</sup>                         | не більше 100               | 22,6             | ГОСТ 22054-76                                      |
| 6  | Корозійна активність бензину в умовах конденсації води: зміна маси сталевієї пластини, г / м <sup>2</sup>       | не більше 5,0               | 0,9              | ГОСТ 18597-73                                      |
| 7  | Схильність бензину до утворення відкладень у впускній системі: кількість відкладень, мг                         | не більше 100               | 37               | Решение ГМК № 23/1-78 от 17.05.78                  |
| 8  | Сумісність з гумами: зміна набухання,% вимивання гуми,% концентрація фактичних смол, мг                         | 37,8* 8,6*<br>42,2*         | 49,0 8,2<br>23,0 | Решение ГМК № 23/1-122 от 5.07.85                  |
| 9  | Системи анти обмерзання властивості бензину і присадок: ізопропіловий еквівалент, умовні одиниці                | не менше 1,0                | більше 2,0       | Решение ГМК № 23/1-232 от 21.11.79                 |
| 10 | Миючі властивості бензину і присадок: час змивання відкладень, хв   | не більше 60                | 8                | Решение ГМК № 23/1-209 30.10.79                    |
| 11 | Концентрація хутро. домішок,% мас.  | не більше 0,005             | 0,0006           | ГОСТ 10577   |
| 12 | Корозійна активність бензину: зміна маси свинцевою платівки, г / м  | 14,8                        | 0,36             | Решение ГМК № 23/1-122 от 5.07.85                  |
| 13 | Питома теплота згоряння, кДж / кг   | -                           | 43346            | ГОСТ 21261-75                                      |

Суть методу полягає в знятті регульовальних характеристик за складом суміші на карбюраторному одноциліндровий двигун НАМИ-1М з подальшим визначенням по ним максимальної індикаторної потужності і мінімальної витрати. Результати оцінки наведені в табл. 3.4. Як впливає з наведених даних, різниця в значеннях показників при випробуванні досвідченого і товарного бензинів не виходить за межі допустимих розбіжностей (1% по  $N_i$  і 1.5% за  $g_i$ ).

Таблиця 3.4 – Фізико-хімічні і антидетонаційні властивості товарного бензину А-95 виробництва ТОВ "Мозирський НПЗ"

| № з/п | Найменування показників   | Норма по ГОСТ 2084-77  | Фактичні дані                               |
|-------|---|--|---|
| 1     | Детонаційна стійкість: октанове число за моторним методом октанове число по дослідному методу   | не менше 85<br>не менше 95   | 86.4<br>95.3                                |
| 2     | Концентрація свинцю, г на 1 дм <sup>3</sup> бензину   | не більше 0,013  | відсутня                                    |
| 3     | Фракційний склад:<br>Температура початку перегонки, °С<br>10% бензину переганяється при температурі, °С<br>50% бензину переганяється при температурі, °С<br>90% бензину переганяється при температурі, °С<br>Кінець кипіння бензину, °С<br>Залишок в колбі, % об.<br>Залишок і втрати, % об | не нижче 30<br>не вище 75<br>не вище 120<br>не вище 180<br>не вище 205<br>НЕ більше 1,5<br>НЕ більше 4,0 | 37<br>60<br>104<br>158<br>189<br>0.8<br>4.0 |
| 4     | Тиск насичених парів, кПа (мм рт. Ст.)  | не більше 66,7 (500)   | 430   |
| 5     | Концентрація фактичних смол в мг на 100 см <sup>3</sup> бензину   | не більше 5,0  | відсутня                                    |
| 6     | Кислотність, мг КОН на 100 см <sup>3</sup> бензину  | не більше 2,0  | відсутня                                    |
| 7     | Індукційний період бензину на місці виробництва, хв   | не менше 900   | більше 1200                                 |
| 8     | Масова частка сірки, %  | не більше 0,10   | 0.008                                       |
| 9     | Випробування на мідній пластині   | витримує   | витримує                                    |
| 10    | Водорозчинні кислоти і луки   | відсутні   | відсутні                                    |
| 11    | Механічні домішки і вода  | відсутні   | відсутні                                    |
| 12    | Щільність при 20°C, кг/м <sup>3</sup>   | не нормується  | 759.2                                       |

Таблиця 3.5 – Результати порівняльної оцінки впливу бензинів на показники потужності та економічні показники двигуна

| Паливо                                | Максимальна індикаторна потужність, кВт<br>N | Мінімальна питома індикаторна витрата палива, г / кВт-год –gi | Зміна показників% (відносна) |     |
|---------------------------------------|--|---|------------------------------|-----|
|                                       |  |   | N                            | gi  |
| Бензин АІ-95<br>ТОВ "Мозирський НПЗ " | 10.2   | 269   |                              |     |
| Бензин АІ-95Е, дослідний              | 10.2   | 271   | 0                            | 0.7 |

### 3.3.3 Результати оцінки впливу добавки етилового спирту до бензину на токсичність відпрацьовані газу, економічність і їздові якості автомобілів ВАЗ

Порівняльні випробування дослідних і товарного бензинів по визначенню витрати палива і токсичності відпрацьовані газу були проведені по їздовому циклу відповідно до правила № R83 ЄЕК ООН на автомобілі ВАЗ-2108 з двигуном 2108 з робочим об'ємом 1.5 л [180]. Двигун оснащений карбюратором 21083-31 і обладнаний безконтактною системою запалювання (БСЗ). Вихідний пробіг автомобіля, підготовленого до випробувань - 12000 км. Автомобіль відповідав нормам токсичності ВАЗа.

Необхідно відзначити, що карбюратор 21083-31 був спеціально відібран для випробувань таким чином, щоб за межею виробничого поля допуски відповідали нижній (збідненій) області регулювання за складом суміші.

Вимірювання вмісту токсичних компонентів в відпрацьованих газах проводилося газоаналізаторами моделі МЕХА-574 і МЕХА-8420 EGR фірми "Horiba", що відповідають вимогам ГОСТу 17.2.203-87. Витрата палива по їздовому циклу визначався розрахунковим методом за даними газового аналізу. При переході з одного виду палива на інший проводилася регулювання холостого ходу відповідно до інструкції ВАЗ. Результати випробувань за токсичністю і витраті палива представлені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати випробувань за токсичністю і витраті палива

| Паливо, що використовується | Токсичність за цикл, г / викор |      |        | Витрата, л / 100 км | Примітка |
|-----------------------------|--------------------------------|------|--------|---------------------|----------|
|                             | СО                             | СН   | СН+ЬЮх |                     |          |
| АІ-95                       | 21,3                           | 10,8 | 15,2   |                     | "хол"    |
|                             | 11,9                           | 9,8  | 16,3   | 9,2                 | "гар"    |
| АІ-95Е 10 % етанолу         | 35,3 •                         | 11,8 | 15,9   |                     | "хол"    |
|                             | 10,6                           | 10,3 | 14,6   | 9,5                 | "гар"    |
| АІ-95Е 5 % етанолу          | 24,5                           | 10,8 | 15,3   |                     | "хол"    |
|                             | 10,3                           | 10,0 | 15,1   | 9,1                 | "гар"    |
| Вимоги Правила №R83         | 67,0                           |      | 20,5   |                     | "хол"    |

З даних табл. 3.6 видно, що показники токсичності і економічності для товарного і досвідчених бензинів при випробуваннях в цілому ідентичні. Викиди CO зростали при застосуванні AI-95E з 10% етанолу тільки при проведенні холодного циклу, хоча і не виходили за рамки вимог Правила № R83.

При роботі на прогрітому двигуні зазначалося, навпаки, деяке зниження кількості CO в порівнянні з товарним бензином. Викиди CH і NO<sub>x</sub>, при переході з одного бензину на інший змінювалися незначно. Деяка зміна витрати палива при використанні AI-95E з 10% етанолу не виходило за межі, визначених зменшенням теплоти згоряння палива за рахунок додавання спирту.

Токсичність і витрата палива різних марок бензину [180].

Для оцінки параметрів холостого ходу двигуна при переході з одного виду бензину на інший була проведена наступна робота. проводилася установка концентрації CO на мінімальних обертах холостого ходу на товарному бензині, що не містить КСС, до значень не більше 1.0%, потім здійснювали перехід на дослідні зразки бензину, що містить етанол, без регулювання, після чого оцінювали вміст CO і CH. Аналогічна оцінка проводилася при встановленні концентрації CO на мінімальних оборотах холостого ходу на випробувальних бензинах з подальшим переходом на товарний бензин. Результати випробувань наведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Результати оцінки параметрів холостого ходу двигуна, при переході з одного виду палива на інше

| Порядок Вид палива викор.        | CO, % | CH, ррт | CO <sub>2</sub> . % | п х.х.<br>1/ хв |
|----------------------------------|-------|---------|---------------------|-----------------|
| Вихід, палив. AI-95              | 1,0   | 180     | 14,6                | 780             |
| Перехід AI-95E 10% етанолу       | 0,3   | 130     | 14,4                | 760             |
| Вихід, палив. AI-95E 10% етанолу | 1,0   | 170     | 14,7                | 780             |
| Перехід AI-95                    | 2,3   | 200     | 13,9                | 780             |
| Вихід, палив. AI-95              | 1,0   | 175     | 14,7                | 780             |
| Перехід AI-95E 5% етанолу        | 0,4   | 150     | 15,0                | 770             |
| Вихід, палив. AI-95E 5% етанолу  | 1,0   | 190     | 15,1                | 780             |
| Перехід AI-95                    | 1,5   | 180     | 14,7                | 780             |

При цьому було відзначено, що при переході з товарного бензину на досвідчений з 10% етанолу відбувалося зниження вмісту CO з 1.0 до 0.3%, CH зі 180 до 130 ррт. Аналогічне зниження CO і CH спостерігаючи-лось і при переході з товарного бензину на бензин з 5% етанолу: CO з 1.0 до 0.4%, CH з 175 до 150 ррт. При зворотному переході з досвідчених зразків, що містять етанол, на товарний бензин відзначалося зростання кількості CO і CH. При цьому отримані величини не виходили за норми ГОСТу. Тільки в разі переходу з бензину з 10% етанолу на товарний бензин значення, отримане для CO, перевищувало нормоване на 0.3%.

При оцінці їздових якостей автомобіля за методикою ВАЗА на різних бензинах встановлено, що використання бензину AI-95E з 10% етанолу кілька знижувало контрольні показники автомобіля в порівнянні з товарним бензином AI-95 (випробування проведені без пере регулювання двигуна), що пояснюється установкою карбюратора, відрегульованого за товарним бензину, що не містить у собі КСС, по нижній межі допуску.

Додаткове збіднення суміші, обумовлене наявністю 10% спирту, в цьому випадку, знижує показники потужності двигуна.

При застосуванні бензину AI-95E з 5% етанолу погіршення експлуатаційної характеристик автомобіля не відзначалося. Можна очікувати, що для систем харчування, що не відрегульованих по межі "збіднення", а так – для систем харчування зі зворотним зв'язком за складом суміші, застосування досвідченого AI-95E з 10% етанолу не погіршує реальних їздових якостей автомобіля. Зокрема, це було підтверджено результатами дослідної експлуатації.

#### **3.4 Результати оцінки бензину А-95Е з 10% ВОКЕ в експлуатаційних умовах**

З огляду на те, що автопарк постійно збільшується за рахунок ввезення імпортованих автомобілів, більшість яких обладнано системами електронного уприскування палива, становила інтерес оцінка впливу бензину, що містить

10% етанолу на економічність і їздові якості цих автомобілів. Були проведені порівняльні випробування товарного і досвідченого бензинів на п'яти автомобілях, характеристика яких приведена в табл. 2.17.

Об'єктом випробування була досвідчена партія бензину, отримана шляхом компаундування товарного неетильованого бензину АІ-93 (ГОСТ 2084-77) з 10% (мас.) Етилового спирту (ВОКЕ) по ТУ 38.401-38-119-95 виробництва Хорскім гідролізного заводу. Якість бензину АІ-95Е приведено в табл. 2.18, бензину АІ-93 в табл. 2.19.

Результати порівняльної оцінки товарного і досвідченого АІ-95Е бензинів наведені в табл. 3.8. Слід зазначити, що пробіг кожного автомобіля за період дослідної експлуатації склав від 400 до 500 км при температурах від -18 до -28 ° С. Оцінка проводилася за показниками: прийомистість, експлуатаційний витрату палива, легкість запуску.

Таблиця 3.8 – Характеристика автомобілів

| № п/п | Марка автомобіля    | Маса (кг) автомобіля | Об'єм двигуна, см <sup>3</sup> | Потужність Квт. | Тип системи живлення     |
|-------|---------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------|
| 1     | Subaru Lagasy EJ 20 | 1295                 | 1820                           | 75.7            | центральне впорскування  |
| 2     | Nisson prerie C 20  | 1380                 | 1998                           | 78.6            | Карбюратор               |
| 3     | Toyota corona 5A    | 1455                 | 1498                           | 83.8            | Розподільче впорскування |
| 4     | Toyota corona 5A    | 1145                 | 1498                           | 83.8            | Розподільче впорскування |
| 5     | Toyota vista 3 S    | 1400                 | 1938                           | 103.0           | Розподільче впорскування |

Приємність оцінювалася як час розгону прогрітого автомобіля по асфальту в зимовий час на прямій ділянці горизонтальної дороги. Витрата палива визначався як середній експлуатаційний в міських умовах на дорогах, покритих ожеледдю з умов витрати повного бака палива на кожному автомобілі.

Проведені випробування показали (табл. 3.9), що застосування бензини А-95Е з 10% етанолу літнього виду в зимовий час на автомобілях, обладнаних системами електронного уприскування палива, не призводить до

погіршення роботи двигуна. Витрата палива, запуск холодного двигуна практично однаковий для товарного бензину і дослідженого зразка; виняток становить автомобіль Nissan prerie, обладнаний карбюратором, де спостерігалось збільшення витрат на бензин з 10% етанолу в порівнянні з товарним на 1.5 л.

На підставі позитивних результатів випробувань проведених у ВНДІ НП за участю ВАТ "АвтоВАЗ" Робоча група наукової експертизи рекомендувала використання етанолу в складі бензинів до 5%.

Таблиця 3.8 – Фізико-хімічні і антидетонаційні властивості дослідного зразка бензину А-95Е з 10% етанолу (ВОКЕ) літнього виду.

| № з/п | Найменування показників  | Норма по ТУ 38.4011052-96 для літнього виду   | Результати випробування            | Метод випробування          |
|-------|--|---|------------------------------------|-----------------------------|
| 1     | 2  | 3   | 4                                  | 5                           |
| 1     | Детонаційна стійкість: октанове число по моторному методу<br>октанове число по дослідницькому методу   | не менше 85<br>не менше 95  | 86,8 95,6                          | ГОСТ 511-82<br>ГОСТ 8226-82 |
| 2     | Масова концентрація свинцю, г на 1 дм3 бензину   | не більше 0,013   | менше 0,005                        | ГОСТ 28828-90               |
| 3     | Фракційний склад:<br>Температура початку перегонки, °С<br>10% бензину переганяється при температурі, °С<br>50% бензину переганяється при температурі, °С<br>90% бензину переганяється при температурі, °С<br>Кінець кипіння бензину, °С<br>Залишок в колбі,% об.<br>Залишок і втрати,% об. | не нижче 30<br>не вище 75<br>не вище 120<br>не вище 180 не вище 205<br>не більше 1,5<br>не більше 4,0 | 42<br>57<br>105<br>160 193 1,0 2,5 | ГОСТ 2177-82                |
| 4     | Тиск насичених парів, кПа (мм рт.ст.)  | не більше 66,7 (500)  | 53,41 (398)                        | ГОСТ 28781-90               |
| 5     | Концентрація фактичних смол в мг на 100 см3 бензину  | не більше 5,0   | 1.6                                | ГОСТ 1567-83                |
| 6     | Кислотність, мг КОН на 100 см3 бензину   | не більше 2,0   | відсутня                           | ГОСТ 5985-73                |
| 7     | Індукційний період бензину на місці виробництва, хв  | не менше 900  | більше 900                         | ГОСТ 4039-88                |
| 8     | Масова частка сірки, %   | не більше 0,10  | 0,016                              | ГОСТ19121-71                |
| 9     | Випробування на мідній пластині  | витримує  | витримує                           | ГОСТ6321-69                 |
| 10    | Водорозчинні кислоти і луги  | відсутні  | відсутні                           | ГОСТ 6307-75                |
| 11    | Механічні домішки і вода   | відсутні  | відсутні                           | По п. 5.3 ТУ 38.401-1052-96 |

## Продовження табл. 3.8

| 1  | 2   | 3             | 4   | 5                                |
|----|---|---------------|-----|----------------------------------|
| 12 | Щільність при 20°C, кг/м <sup>3</sup>           | не нормується | 754 | ГОСТ 3900-85                     |
| 13 | Фазова стабільність, температура помутніння, °C | не вище<br>-5 | -19 | По додатку А<br>ТУ 38.4011052-96 |

Таблиця 3.9 – Фізико-хімічні і антидетонаційні властивості товарного неетильованого бензину А-92 літнього виду

| № з/п | Найменування показників  | Норма по ТУ 38.4011052-96 для літнього виду  | Результати випробування               | Метод випробування          |
|-------|--|--|---------------------------------------|-----------------------------|
| 1     | Детонаційна стійкість: октанове число по моторному методу<br>октанове число по дослідницькому методу   | не менше 85<br>не менше 93   | 85.2 93.1                             | ГОСТ 511-82<br>ГОСТ 8226-82 |
| 2     | Масова концентрація свинцю, г на 1 дм <sup>3</sup> бензину   | не більше 0,013  | менше 0,005                           | ГОСТ 28828-90               |
| 3     | Фракційний склад:<br>Температура початку перегонки, °C<br>10% бензину переганяється при температурі, °C<br>50% бензину переганяється при температурі, °C<br>90% бензину переганяється при температурі, °C<br>Кінець кипіння бензину, °C<br>Залишок в колбі, % об.<br>Залишок і втрати, % об. | не нижче 35<br>не вище 70<br>не вище 115<br>не вище 180<br>не вище 205<br>не більше 1,5<br>не більше 4,0 | 42<br>61<br>106<br>159 193 1,0<br>2,5 | ГОСТ 2177-82                |
| 4     | Тиск насичених парів, кПа (мм рт.ст.)  | не більше 66,7 (500)   | 49.6 (372)                            | ГОСТ 28781-90               |
| 5     | Концентрація фактичних смол в мг на 100 см <sup>3</sup> бензину  | не більше 5,0  | 1.8                                   | ГОСТ 1567-83                |
| 6     | Кислотність, мг КОН на 100 см <sup>3</sup> бензину   | не більше 0.8  | відсутня                              | ГОСТ 5985-73                |
| 7     | Індукційний період бензину на місці виробництва, хв  | не менше 1200  | більше 1200                           | ГОСТ 4039-88                |
| 8     | Масова частка сірки, %   | не більше 0,10   | 0,02                                  | ГОСТ 19121-71               |
| 9     | Випробування на мідній пластині  | витримує   | витримує                              | ГОСТ 6321-69                |
| 10    | Водорозчинні кислоти і луги  | відсутні   | відсутні                              | ГОСТ 6307-75                |
| 11    | Механічні домішки і вода   | відсутні   | відсутні                              | По п. 4.4 ГОСТ 2084-77      |
| 12    | щільність при 20°C, кг/м <sup>3</sup>  | не нормується  | 752                                   | ГОСТ 3900-85                |



Таблиця 3.10 – Результати технічних випробувань бензину А-95Е в порівнянні з товарним бензином АІ-93

| Марка автомобіля    | Бензин | Показники      |                        |                         |                          |                          |
|---------------------|--------|----------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                     |        | Приємність сек | Обороти холостого ходу | Шумність роботи двигуна | Витрата палива на 100 км | Запуск холодного двигуна |
| Subaru Lagasy EJ 20 | АІ-95Е | 20             | без змін               | без змін                | 15                       | беззмін без змін         |
|                     | АІ-92  | 18             | без змін               | без змін                | 15                       | змін                     |
| Nisson prerie С 20  | АІ-95Е | 18             | 830+10% 750            | без змін без змін       | 15.5                     | без змін                 |
|                     | АІ-92  | 16             |                        | змін                    | 14                       | без змін                 |
| Toyota corona 5А    | АІ-95Е | 16             | без змін без змін      | без змін без змін       | 8                        | погіршення без змін      |
|                     | АІ-92  | 14             |                        |                         | 8                        |                          |
| Toyota corona 5А    | АІ-95Е | 12             | без змін без змін      | без змін без змін       | 10                       | без змін                 |
|                     | АІ-92  | 10             |                        |                         | 10                       | без змін                 |
| Toyota vista 3 S    | АІ-95Е | 14             | без змін без змін      | без змін без змін       | 13.5                     | без змін                 |
|                     | АІ-92  | 12             |                        |                         | 13                       | без змін                 |

### Висновки до розділу

Використано результати проведених лабораторно-стендових випробування дослідно-промислового зразка бензину АІ-95Е, результати яких підтвердили, що бензин АІ-95Е повністю задовольняє вимогам ТУ 38.4011052-96 і затвердженим нормам комплексу методів кваліфікаційної оцінки (затв. ГМК протокол № 3 від 23.04.96). Визначено вплив бензину, що містить етанол, АІ-95Е на потужносні і економічні показники карбюраторного одноциліндрового двигуна НАМИ-1М.

Результати випробувань бензину АІ-95Е, проведені за участю АТ "АвтоВАЗ" на сумісність з гумами, на токсичність ОГ, економічність і їздові якості автомобілів ВАЗ, показали, що бензин, що містить 5% етанолу, не призводить до погіршення експлуатаційних характеристик автомобіля, не вимагає зміни вихідних регулювань двигуна і може застосовуватися на рівні з товарними бензинами.

Результати дорожніх випробувань бензину АІ-95Е з 10% етанолу на автомобілях, обладнаних системами електронного уприскування, на економічність і їздові якості автомобіля, показали, що застосування такого бензину не погіршує показники по економічності і їздовим якостям автомобіля.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1 Вимоги безпеки при застосуванні шкідливих речовин

##### 4.1.1 Застосування антифризу та гальмівних рідин

На підприємствах для попередження отруєння гальмівною рідиною або антифризом повинен бути чітко встановлений порядок їх відпуску, зберігання та витрачення за призначенням.

Антифриз (низько замерзаючі рідини) та гальмівні рідини слід зберігати і перевозити в справних, герметично закритих ємкостях (бочках та споживчій тарі).

Перед тим, як налити антифриз або гальмівну рідину, необхідно ретельно очистити тару від твердих осадів, нальотів та іржі, промити лужним розчином і пропарити. У тарі не повинно бути залишків нафтопродуктів.

Антифриз і гальмівну рідину наливають у тару не більше як на 90% її ємкості. На тарі, в якій зберігають (перевозять) антифриз та гальмівну рідину, і на порожній тарі з-під них повинен бути незмивний напис великими літерами "ОТРУТА", а також знак, встановлений для отруйних речовин відповідно до ГОСТ 19433-88 (розділ 2, п. 37 цих Правил).

Тару з антифризом і гальмівною рідиною зберігають у сухому приміщенні, яке не опалюється. 14.2.6. Забороняється:

- наливати антифриз і гальмівну рідину у тару, яка не відповідає вказаним вище вимогам;
- переливати антифриз і гальмівну рідину шлангом шляхом засмоктування ротом;
- застосовувати тару з-під антифризу і гальмівної рідини для перевезення і зберігання харчових продуктів;
- перевозити антифриз і гальмівну рідину спільно з людьми, тваринами, харчовими продуктами.

Злитий із системи охолодження двигуна антифриз повинен бути зданий за актом на склад для зберігання.

#### **4.1.2 Застосування етильованого бензину**

На підприємствах, що застосовують етильований бензин, повинен бути чітко встановлений порядок його відпуску, зберігання, витрачення та перевезення, що виключає можливість його використання не за призначенням.

Підприємства, що застосовують етильований і звичайний бензин, повинні мати окремі ємності для їх зберігання і перевезення, а також окремі паливопроводи і бензоколонки.

Перевозити і зберігати етильований бензин треба тільки в справних резервуарах, цистернах чи металевих бочках з кришками або пробками на бензостійких прокладках, які щільно закриваються.

Заповнювати резервуари етильованим бензином необхідно не більше як на 90% ємності.

Причини, що викликають підтікання та "потіння" тари, що наповнена бензином, слід негайно усувати. Якщо це неможливо, етильований бензин необхідно перелити в справну тару, дотримуючись усіх заходів перестороги, щоб він не розлився, не потрапив на тіло або одяг робітника тощо.

#### **Забороняється:**

- перевозити етильований бензин в салонах легкових автомобілів, автобусів, у кабінах автомобілів усіх типів, а також на вантажних автомобілях, причепах і напівпричепах разом з людьми і тваринами;

- особа, яка супроводжує вантажний автомобіль з етильованим бензином, повинна знаходитися у кабіні;

- транспортувати етильований бензин спільно з харчовими продуктами і промисловими товарами;

- використовувати цистерну або тару з-під етильованого бензину після очищення для перевезення і зберігання харчових продуктів.

У місцях зберігання, навантаження, розвантаження етильованого бензину і роботи з ним для знешкодження пролитого бензину і очищення забруднених ним автомобілів, устаткування, підлоги у достатній кількості повинні знаходитися потрібні засоби (гас, розчин хлорного вапна або дихлорамін, тирса, ганчір'я тощо).

При проливанні етильованого бензину і попаданні його на автомобілі, устаткування, площадки, підлогу та інші місця їх слід негайно очищати або знешкоджувати. Для цього необхідно засипати піском або тирсою забруднену підлогу або площадки, а металеві поверхні протерти ганчір'ям, яке змочене гасом.

Використовувати цистерну і тару з-під етильованого бензину для перевезення нехарчових вантажів дозволяється тільки після видалення та знешкодження залишків етильованого бензину.

Для знешкодження тари з-під етильованого бензину необхідно звільнити її від залишків бензину, промити гасом, а зовні обтерти ганчір'ям, яке змочене гасом.

Операції з переливу, прийому та відпуску етильованого бензину повинні бути механізовані. Насоси, паливопроводи, бензоколонки, шланги та інші пристрої, що застосовуються, повинні бути справними і не мати підтікання.

При ремонті паливозаправник колонок, насосів та іншої заправної апаратури з-під етильованого бензину без демонтажу необхідно максимально захистити працюючих від вдихання парів бензину (працювати слід на відкритому повітрі з навітряної сторони або в добре вентильованому приміщенні).

У кінці роботи необхідно знешкоджувати інструмент, обладнання і робоче місце старанним очищенням і обтиранням їх ганчір'ям, яке змочене гасом.

Миття, розбирання та ремонт двигунів або системи живлення автомобілів, що працюють на етильованому бензині, дозволяється проводити

тільки після нейтралізації відкладень тетраетилсвинцю гасом або іншими нейтралізуючими рідинами.

Заправку автомобілів етильованим бензином слід проводити з бензоколонки шлангом, який має роздавальний пістолет. Забороняється заправляти автомобілі етильованим бензином за допомогою відер, лійок тощо, а також відпускати етильований бензин у тару (каністри). Оператор заправних станцій і водій повинні знаходитися при заправленні з навітряної сторони автомобіля.

Забороняється:

- при продувці системи живлення або переливанні етильованого бензину засмоктувати його ротом;
- використовувати етильований бензин в двигунах, що працюють у середині приміщень (внутрішньо-цеховий транспорт, стаціонарні двигуни тощо);
- застосовувати етильований бензин для роботи паяльних ламп, бензорізів, чищення одягу, промивання деталей тощо;
- застосовувати етильований бензин на випробувальних станціях підприємства без обладнання додатковою, надійно діючою вентиляцією;
- зберігати етильований бензин поза межами спеціально обладнаних складів, сховищ тощо.

Робітники (у т. ч. водії), які стикаються з етильованим бензином, повинні бути забезпечені на час роботи засобами індивідуального захисту відповідно до установлених норм.

У разі попадання етильованого бензину на руки та інші частини тіла необхідно вимити ці місця гасом, а потім теплою водою з милом.

В інструкціях а охорони праці для операторів заправних станцій, а також на виконання окремих видів робіт, при яких робітники мають контакт з етильованим бензином, повинні бути включені вимоги особистої безпеки при роботі з етильованим бензином.

## 4.2 Техніка безпеки при обкатуванні й випробуванні двигунів

*Загальні вимоги.* Робітники, що надходять на підприємства повинні одержати вступний інструктаж з техніці , а також інструктаж по техніці безпеки безпосередньо на робочому місці, а також опанувати практичними навичками безпечного виконання робіт і пройти перевірку закріплених при інструктажі знань і навичок. Результати проведення мір безпеки повинні реєструватися в спеціальному журналі й у картці. При надходженні на роботу в моторовипробувальні цеха робітники повинні пройти медичний огляд. До роботи на іспитових стендах допускаються особи, що добре знають двигуни, пристрій електростенда, що опанували практичними навичками безпечного ведення робіт з іспиту ремонту і які мають кваліфікаційне посвідчення. При переході на іншу роботу з використанням нового пристрою і пристосувань робітник зобов'язаний ознайомитися з конструкцією, методами безпечної роботи на них і пройти додатковий інструктаж з техніки безпеки. Робочий повинен виконувати тільки ту роботу, що йому призначена бригадиром, майстром або начальником цеху, по якій він одержав інструктаж з техніки безпеки. В аварійних ситуаціях (розривши шлангів, корпусу насоса) тракторист зобов'язавши негайно вийти в безпечну зону і надягнути засіб індивідуального захисту, прийняти заходи для виведення людей і тварин з небезпечної заклики. Транспортні засоби і машини для внесення водного розчину аміаку ремонтують у спеціалізованих майстернях об'єднань Госкомсельхозтехники при строгому дотриманні правил безпеки.

При обкатці двигуна що працює на новому паливі повинні дотримуватися міри безпеки які були вказані вище . Правильна обкатка двигуна сприяє подальшій хорошій і надійній роботі двигуна так як всі його елементи будуть припрацьовуватися в режимі малих і середніх навантажень що сприятиме зменшенню зношення складових елементів двигуна в наслідок дії сил тертя . Обкатка даного двигуна значно відрізняється від обкатки звичайного , так як потрібно дуже уважно слідкувати за станом масляної

системи , а зокрема тиском як у головній масляній магістралі так і в системі механізму зміни ступеня стиску, причому паралельно і відбувається регулювання цієї системи на відповідні значення спрацювання системи .В процесі обкатки слід бути уважним до перехідних процесів так як вони є найбільш небезпечними і невірноваженими , тому при переході двигуна з одного сорту палива на інший слід слідкувати за роботою системи. При цьому двигун що підлягає обкатці слід оглянути за для того щоб перевірити відсутність дефектів, а також ненадійності кріплень і ін. Лише після цієї процедури двигун можна відправляти на обкаточний стенд. Слідкуючи за роботою двигуна при обкатці обслуговуючий персонал не повинен проводити будь-які процедури у вигляді ремонту , профілактичних робіт, а також не створювати штучних умов роботи при яких двигун може вийти з ладу. Дотримуючись всіх розпоряджень стосовно заходів безпеки , а також правильності виконання технологічних процесів можна досягнути довготривалої і надійної роботи двигуна.

## РОЗДІЛ 5

### ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

#### *5.1 Калькуляція механізму впровадження роботи двигуна на альтернативному пальному*

Із-за недосконалості робочого циклу двигуна великий відсоток енергії що вноситься з паливом витрачається на процеси, які можна попередити шляхом впровадження різних пристроїв і механізмів що в свою чергу покращують процеси згорання, а відповідно і коефіцієнт корисної дії двигуна в цілому.

Підвищити коефіцієнт корисної дії двигуна можна рядом факторів які впливають як на паливну економічність та і на його тягово-експлуатаційні показники, при чому це будуть як технологічні рішення так і конструкторські відповідно до самого двигуна або його елементів. До таких параметрів належать:

- покращення якості виготовлення деталей;
- покращення якості зборки складових частин;
- покращення якості проведення ТО і Р ;
- удосконалення процесів передачі енергії від палива що вводиться до елементів сприймання .

До удосконалення робочих процесів, а відповідно і підвищення коефіцієнта корисної дії можна віднести зміну таких параметрів як ступінь стиску, застосування різних марок палива ( тобто бензину з різним октановим числом ) і ін. Самим раціональним варіантом підвищувати коефіцієнт корисної дії, а відповідно зменшити витрату пального і викидів шкідливих продуктів згорання – підвищити ступінь стиску. Підвищення ступеня стиску сприятиме покращенню процесу згорання, а відповідно і покращенню тягово-експлуатаційних показників. Застосування двигуна ступінь стику в якому змінюється автоматично в залежності від марки бензину що використовується ( що в свою чергу залежить від виду робіт



виконуємих транспортним засобом ), а також від навантаження на двигун – сприятиме універсальності транспортного засобі при підвищенні потужності і паралельно з тим економії пального, що є дуже актуальним на даний час.

Визначення річного об'єму перевезень (виробітку) автомобіля:

За пасажирськими та вантажними перевезеннями річний виробіток автомобіля, в тоннах  $W_T$  та в тонно-кілометрах  $W_{ТКМ}$  визначається за такими формулами:

$$W_m = \frac{D_k \cdot \alpha_n \cdot T_n \cdot V_T \cdot \beta \cdot \gamma_{CT} \cdot g_n}{l_{ів} + V_T \cdot \beta \cdot t_{н-р}}$$

$$W_{ткм} = W_m \cdot l_{ів}$$

для прототипу двигуна :

$$W_m = \frac{300 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 50 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 3,5}{100 + 50 \cdot 0,8 \cdot 0,6} = 1742m$$

$$W_{ткм} = W_m \cdot l_{ів} = 1742 \cdot 100 = 174200ткм$$

для прототипу двигуна із змінним ступенем стиску :

$$W_m = \frac{300 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 50 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 3,5}{100 + 50 \cdot 0,8 \cdot 0,6} = 1742m$$

$$W_{ткм} = W_m \cdot l_{ів} = 1742 \cdot 100 = 174200ткм$$

де  $D_k = 300$  днів - календарні дні;  $\alpha_n = 0,5$  - коефіцієнт використання парку автомобілів;  $T_n = 8$  - тривалість знаходження автомобілів на лінії протягом доби;  $V_T = 50$  - середньотехнічна швидкість руху автомобіля, км/год;  $\beta = 0,8$  - коефіцієнт використання пробігу;  $\gamma_{CT} = 0,75$  - статистичний коефіцієнт використання вантажопідйомності;  $g_n = 3,5$  - номінальна вантажопідйомність автомобіля, т;  $l_{ів} = 100$  км - середня віддаль їзди з вантажем;  $T_{н-р} = 0,6$  - тривалість простою автомобіля під навантаженням-розвантаженням, год.

## 5.2 Розрахунок капітальних вкладень

Під капітальними вкладеннями розуміють всі витрати, пов'язані з придбанням та пуском в експлуатацію даного автомобіля. В конкретних виробничих умовах АТП - це балансова вартість автомобіля. В розрахунках її

приймають як інвентарно-розрахункову вартість, яка складається з оптово-відпускної ціни та транспортно-заготівельних витрат.

### 5.2.1 Визначення інвентарно-розрахункової ціни автомобіля

Оптово-відпускна ціна для існуючих автомобілів беремо з бізнес-прайсів за 2020 р. Транспортно-заготівельні витрати для автомобілів складають 7% від оптово-відпускної ціни, тоді інвентарно-розрахункова ціна автомобіля визначається за формулою:

$$C_{ip} = C_{co} \cdot K_{TЗ}$$

для прототипу двигуна :

$$C_{ip} = C_{co} \cdot K_{TЗ} = 40000 \cdot 1,07 = 46010 \text{ грн}$$

для прототипу двигуна із змінним ступенем стиску :

$$C_{ip} = C_{co} \cdot K_{TЗ} = (43000 + 181) \cdot 1,07 = 46203,7 \text{ грн}$$

де  $C_{co} = 16000$  - оптово-відпускна ціна автомобіля, грн.[16];  $K_{TЗ}$  - коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати;

### 5.2.2 Визначення питомих капітальних вкладень

Питомі капітальні вкладення - це інвентарно-розрахункова (балансова) вартість машини віднесена до одиниці річного об'єму перевезень (виробітку). Вони визначаються за формулою:

$$K_{num} = \frac{C_{ip}}{W},$$

для прототипу двигуна :

$$K_{num} = \frac{46010}{174200} = 0,26 \text{ грн./ткм}$$

для прототипу двигуна із змінним ступенем стиску :

$$K_{num} = \frac{46203,7}{174200} = 0,276 \text{ грн./ткм}$$

де  $C_{ip}$  - інвентарно-розрахункова ціна автомобіля, грн;  $W$  - річний об'єм перевезень (виробіток), од. за рік;

### 5.3 Розрахунок витрат праці

#### Визначення річної трудомісткості автомобілів

Затрати праці в людино-годинах на рік роботи автомобілів визначається за формулою:

$$T_{річ} = T_{ya} + T_{тор}$$

$$T_{річ} = 1900 + 176,8 = 2076,8 \text{ люд} \cdot \text{год}$$

де  $T_{ya}$  - затрати живої праці, які пов'язані з утримуванням та обслуговуванням автомобілів, люд-год/рік; вони дорівнюють кількості водіїв, які зайняті на обслуговуванні автомобіля помноженій на річний фонд часу роботи водія:

$$T_{ya} = D \cdot T_{ТОР}$$

$$T_{ya} = 1900 \cdot 1 = 1900 \text{ люд} \cdot \text{год}$$

$T_{ТОР}$  - затрати праці на технічне обслуговування та поточні ремонти, які приходяться на рік роботи автомобіля, люд-год/рік, та визначаються за формулою

$$T_{ТОР} = T_{ТО} \cdot K_{ТО} + T_{ТР} \cdot K_{ТР}$$

$$T_{ТОР} = (10,6 \cdot 3 + 2,5 \cdot 10) + 4 \cdot 30 = 176,8 \text{ люд} \cdot \text{год/рік}$$

де  $T_{ТО}$  і  $T_{ТР}$  - затрат в люд-год на проведення одного технічного обслуговування та одного поточного ремонту (додаток 8);

$K_{ТО}$  і  $K_{ТР}$  - кількість технічних обслуговувань та поточних ремонтів за рік ([15]).

#### Визначення трудомісткості одиниці работ

Затрати праці на одиницю роботи, яка виконується даним автомобілем, визначається за формулою:

$$T_{од.роб} = \frac{T_p}{W_p}, \text{ люд-год/од};$$

$$T_{од.роб} = \frac{2076,8}{1742} = 1,192 \text{ люд-год/од};$$

де  $T_p$  - річна трудомісткість роботи автомобіля, люд-год/рік;  $W_p$  - річний виробіток одного автомобіля, од.

### *Визначення показника росту продуктивності праці*

Рівень росту продуктивності праці відображає співставу річного виробітку двох автомобілів в процентному відношенні:

$$Y_{np.np} = \frac{W_{nm}}{W_{dm}} \cdot 100\%$$

$$Y_{np.np} = \frac{1742}{1742} \cdot 100\% = 1$$

### *Визначення річної економії по затратам праці*

Річна економія по затратах живої праці в результаті порівняння автомобілів в різних умовах експлуатації визначається за формулою

$$\mathcal{E}_p = \frac{T_{pdm} - T_{pnm}}{t_p}$$

$$\mathcal{E}_p = \frac{2076,8 - 2076,8}{1900} = 0$$

де  $T_{pdm}$  і  $T_{pnm}$  - відповідно річна трудомісткість до і після модернізації автомобіля, люд-год.  $t_p$  - річний фонд часу в годинах роботи одного водія ( $t_p=1900$ год), [15].

## *5.4 Розрахунок грошових витрат*

### *Визначення собівартості перевезень*

Собівартість перевезень - це грошовий вираз витрат на виконання одиниці транспортної роботи

$$S_{od} = \frac{B_{zag.p.}}{W}$$

де  $B_{zag.p.}$  – загальні витрати на виконання транспортної роботи в грн. чи коп.  
 $W$  - річний об'єм перевезень, т-км; пас-км; кн; т.

Загальні витрати на транспортну роботу перевезення складаються з:

I - Прямих затрат « $B_{пз}$ »;

II - Накладних витрат « $D_{не}$ ».

1. Визначення прямих затрат.

Прямі затрати складаються з:

1. Заробітної плати водіїв,  $Z_{заг}$ ;
2. Матеріальні затрати,  $B_{mat}$ ;
3. Амортизаційні відрахування,  $B_{ам}$ .

Прямі витрати визначаються та формулою:

$$B_{пз} = Z_{заг} + B_{mat} + B_{ам}$$

де  $Z_{заг}$  – заробітна плата водіїв, грн.

Заробітна плата водіїв вантажних автомобілів при відрядній формі оплати праці визначається за відрядними розцінками за 1ткм виконаної роботи за формулою

$$Z_{заг} = (P_T \cdot W_T + P_{ТКМ} \cdot W_{ТКМ}) \cdot K_{\delta} \cdot K_{соц}$$

$$Z_{заг} = (2,36 \cdot 1742 + 0,8 \cdot 174200) \cdot 1,09 \cdot 1,37 = 21424 \text{ грн}$$

де  $P_T$  – відрядна розцінка за одну тону (додаток 2, 3 [15]);  $W_T$  – річний об'єм перевезень, т.;  $P_{ТКМ}$  – відрядна розцінка за 1 ткм (додаток 4, 5 [15]);  $W_{ТКМ}$  – річний об'єм перевезень, ткм;  $K_{\delta}$  - коефіцієнт, який враховує розмір додаткової заробітної плати ( $K_{\delta}=1,09$ );  $K_{соц}$  - коефіцієнт, який враховує відрахування на соціальне страхування ( $K_{соц} = 1,37$ ).

2).  $B_{mat}$  - матеріальні затрати, грн;

До складу матеріальних затрат входять:

- а) Затрати на автомобільне паливо,  $B_{нал}$ ;
- б) Затрати на мастильні та інші експлуатаційні матеріали,  $B_{маст}$ ;
- в) Затрати на відновлення та ремонт автомобільних шин,  $B_{шин}$ ;
- г) Затрати на технічне обслуговування і поточний ремонт,  $B_{ТОР}$ ;

Матеріальні витрати визначаються за формулою

$$B_{mat} = B_{нал} + B_{маст} + B_{шин} + B_{ТОР}$$

де  $B_{нал}$  - затрати на автомобільне паливо, грн.;

Для бортових вантажних автомобілів:

$$B_{нал} = 0,01 \cdot (H_{км} \cdot l_{заг} + H_{ткм} \cdot W_{ткм}) \cdot 1,05 \cdot C_{нал}$$

Для прототипу двигуна :

$$B_{нал} = 0,01 \cdot (26 \cdot 30000 + 2 \cdot 174200) \cdot 1,05 \cdot 1,3 = 15402,66 \text{ грн}$$

Для прототипу двигуна із змінним ступенем стиску :

$$B_{нал} = 0,01 \cdot (22,0 \cdot 30000 + 2 \cdot 174200) \cdot 1,05 \cdot 1,3 = 13764,66 \text{ грн}$$

де  $H_{км}$  - норма витрат палива на 100 км пробігу, л [17];  $H_{ткм}$  - норма витрат палива на 100 ткм, л, додаток 9, [17].  $l_{заг}$  - річний пробіг автомобіля, км; 1,05 - коефіцієнт, який враховує додаткові витрати на паливо на зимовий період та на гаражні потреби;  $C_{нал}$  - ціна 1-ї л. палива.

$B_{маст}$  - затрати на мастильні та інші експлуатаційні матеріали; визначаються за кожним видом цих матеріальних затрат:

$$B_{маст} = B_M + B_{тр} + B_{сп} + B_{пл}$$

Для прототипу двигуна :

$$B_{маст} = 1617,28 + 138,62 + 154 + 154 = 2063,9 \text{ грн}$$

Для прототипу двигуна із змінним ступенем стиску :

$$B_{маст} = 1445,29 + 123,6 + 137,5 + 137,5 = 1843,89 \text{ грн}$$

де  $B_M$  - затрати на моторне масло визначається за формулою

$$B_M = 0,01 \cdot P_{нал} \cdot H_M \cdot C_M$$

Для прототипу двигуна :

$$B_M = 0,01 \cdot 15402,66 \cdot 2,1 \cdot 5 = 1617,28 \text{ грн}$$

Для прототипу двигуна із змінним ступенем стиску :

$$B_M = 0,01 \cdot 13764,66 \cdot 2,1 \cdot 5 = 1445,29 \text{ грн}$$

де  $P_{нал}$  – загальні витрати палива, л;  $H_M$  - норма витрат моторного масла на 100 л палива, л [17]);  $C_{нал}$  - ціна 1 л. моторного масла, грн.

$B_{тр}$  – затрати на трансмісійне масло

$$B_{тр} = 0,01 \cdot P_{нал} \cdot H_{тр} \cdot C_{тр}$$

Для прототипу двигуна :

$$B_{тр} = 0,01 \cdot 15402,66 \cdot 0,3 \cdot 3 = 138,62 \text{ грн}$$

Для прототипу двигуна із змінним ступенем стиску :

$$B_{тр} = 0,01 \cdot 13764,66 \cdot 0,3 \cdot 3 = 123,6 \text{ грн}$$

$B_{сп}$  – затрати на спеціальні мастила визначаються за формулою

$$B_{сп} = 0,01 \cdot P_{нал} \cdot H_{сп} \cdot C_{сп}$$

Для прототипу двигуна :

$$B_{cn}=0,01 \cdot 15402,66 \cdot 0,1 \cdot 10=154 \text{ грн}$$

Для прототипу двигуна із змінним ступенем стиску :

$$B_{cn}=0,01 \cdot 13764,66 \cdot 0,1 \cdot 10=137,5 \text{ грн}$$

де  $H_{cn}$  – індивідуальна норма витрат спеціальних масел на 100 л палива, л (додаток 9, [15]);  $C_{cn}$  - ціна 1 л спеціальних мастил, грн;  $B_{nl}$  - затрати на пластичні мастила, визначаються за формулою:

$$B_{nl}=0,01 \cdot P_{nal} \cdot H_{nl} \cdot C_{nl}$$

Для прототипу двигуна :

$$B_{nl}=0,01 \cdot 15402,66 \cdot 0,1 \cdot 10=154 \text{ грн}$$

Для прототипу двигуна із змінним ступенем стиску :

$$B_{nl}=0,01 \cdot 13764,66 \cdot 0,1 \cdot 10=137,5 \text{ грн}$$

де  $H_{nl}$  - індивідуальна норма витрат пластичних мастил на 100 л палива, кг [17];  $C_{nl}$  - ціна 1-го кг пластичних мастил, грн;  $B_{обт}$  - затрати на обтирочний матеріал, приймаються в розмірі 36 кг на 1 ходовий автомобіль в рік при ціні за 1 кг, - 2 грн;  $B_{ини}$  - затрати інших матеріалів, приймаються в розмірі 10 грн. на кожен ходовий автомобіль.  $B_{шин}$  - затрати на відновлення та ремонт автомобільних шин визначаються в залежності від пробігу одношинних по шинах автомобілів та діючих норм пробігу шин, встановлених в % від вартості одного комплекту шин даного розміру (покришка, камера, фліпер) на кожні 1000 км пробігу за формулою:

$$B_{шин}=0,00001 \cdot C_{шин} \cdot n_{к.ш} \cdot l_{заг} \cdot H_{ш}$$

Для:

$$B_{шин}=0,00001 \cdot 500 \cdot 5 \cdot 30000 \cdot 1,56=1170 \text{ грн}$$

де  $C_{шин}$  - ціна одного комплекту, грн;  $n_{к.ш}$  - кількість коліс з однотипними шинами (без запасного), шт.;  $l_{заг}$  - загальний річний пробіг автомобіля, км;  $H_{шин}$  - норма відрахувань на відновлення та ремонт одного комплекту шин на 1000 км пробігу в % від вартості (додаток 9 [15]).

$B_{тор}$  - затрати на технічне обслуговування та ремонт визначаються за формулою:

$$B_{\text{тор}} = 0,001 \cdot l_{\text{заг}} \cdot H_{\text{тор}}$$

Для прототипу двигуна та прототипу двигуна із змінним ступенем стиску :

$$B_{\text{тор}} = 0,001 \cdot 30000 \cdot 36,32 = 1089,6 \text{ грн}$$

де  $H_{\text{тор}}$  - загальна норма затрат на технічне обслуговування та поточний ремонт та 1000 км пробігу, грн (додаток 9 [15]).  $B_{\text{ам}}$  - амортизаційні відрахування на повне відновлення визначаються за формулою:

$$B_{\text{ам}} = 0,00001 \cdot C_{\text{ip}} \cdot L_{\text{заг}} \cdot H_{\text{ам}}$$

Для прототипу двигуна :

$$B_{\text{ам}} = 0,00001 \cdot 46010 \cdot 30000 \cdot 0,3 = 4140,9 \text{ грн}$$

Для прототипу двигуна із змінним ступенем стиску :

$$B_{\text{ам}} = 0,00001 \cdot 46203,7 \cdot 30000 \cdot 0,3 = 4158,3 \text{ грн}$$

де  $H_{\text{ам}}$  - норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення, % (додаток 7 [15]).

Тоді прямі витрати на транспортну роботу за рік дорівнюють

$$B_{\text{н-з}} = Z_{\text{заг}} + B_{\text{мат}} + B_{\text{ам}}$$

Для прототипу двигуна :

$$B_{\text{н-з}} = 2063,9 + 1170 + 1089,6 + 4140,9 = 8464,4 \text{ грн}$$

Для прототипу двигуна із змінним ступенем стиску :

$$B_{\text{н-з}} = 1843,89 + 1170 + 1089,6 + 4158,3 = 8261,7 \text{ грн}$$

#### *Визначення накладних затрат*

До накладних затрат належать:

1. Оплата праці робітників апарату управління, ремонтних та допоміжних робітників, цехового персоналу з нарахуваннями на соціальне страхування.

2. Інші витрати, які входять в склад матеріальних витрат. Амортизаційні відрахування за основними фондами (крім рухомого складу).

3. Плата за кредит.

4. Плата за природні ресурси.

5. Плата за трудові ресурси.



Норма накладних затрат на конкретну модель автомобіля визначаються за формулою

$$B_{нз} = K_{пр} \cdot H_{нз} = 1 \cdot 750 = 750 \text{ грн}$$

$K_{пр}$  - коефіцієнт приведення ( $K_{пр} = 1$ );  $H_{нз}$  - середня норма накладних витрат на 1 приведений автомобіль ( $H_{нз} = 750$  грн).

Тоді річна собівартість виконання транспортної роботи буде дорівнювати:

$$B_{заг.р} = B_{пр} + B_{нз}$$

Для прототипу двигуна :

$$B_{заг.р} = 8464,4 + 750 = 9214,4 \text{ грн}$$

Для прототипу двигуна із змінним ступенем стиску :

$$B_{заг.р} = 8261,7 + 750 = 9011,7 \text{ грн}$$

де  $B_{пр}$  – прямі затрати, грн.;  $B_{нз}$  – накладні затрати, грн.

Визначаємо вартість одиниці транспортної роботи ( перевезення )

Для прототипу двигуна

$$S_{од} = B_{заг} / W = 9214,4 / 174200 = 0,55 \text{ грн/ткм}$$

Для прототипу двигуна із змінним ступенем стиску

$$S_{од} = B_{заг} / W = 9011,7 / 174200 = 0,40 \text{ грн/ткм}$$

Всі розрахунки калькуляції собівартості транспортної роботи зводимо в таблицю 5.1

Таблиця 5.1 – Калькуляція собівартості транспортної роботи

| № з/п | Найменування статей витрат                               | Сума, грн | Собівартість одиниці роботи,               |  |
|-------|--|-----------|--|--|
|       |  |           | 1 ткм                                      |  |
| 1     | Заробітна плата водія                                    | 21424     | прототипу двигуна на стандартному пальному | Прототипу двигуна на пальному з етанолом |
| 2     | Матеріальні витрати, всього в т.ч.                       |           |  |  |
|       | а) Затрати на автомобільне паливо                        |           | 15402,66                                   | 13764,66                                 |
|       | б) Затрати на мастильні та інші експлуатаційні матеріали |           | 2063,9                                     | 1893,89                                  |
|       | в) Затрати на відновлення та ремонт автошин              |           | 1170                                       | 1170                                     |
|       | г) Затрати на технічне обслуговування та ремонт          |           | 1089,6                                     | 1089,6                                   |

## Продовження табл. 5.1

| 1 | 2                          | 3 | 4      |        |
|---|----------------------------|---|--------|--------|
| 3 | Амортизаційні відрахування |   | 4140,9 | 4158,3 |
| 4 | Накладні затрати           |   | 750    | 750    |
|   | Всього                     |   | 9214,4 | 9011,7 |

5.5 Розрахунок економічного застосування того чи іншого автомобіля при заданих умовах експлуатації

Ефективність застосування того чи іншого автомобіля в різних умовах експлуатації визначається за мінімумом приведених питомих витрат. Вважається кращим той варіант по якому приведенні питомі витрати менші. Питомі приведенні витрати визначають за формулою:

$$P_{пр.вит} = S_{од.роб.} + E_n \cdot K_{нит}$$

де  $S_{од.роб.}$  – собівартість одиниці роботи (1 ткм.)  $E_n$  - нормативний коефіцієнт економічної ефективності ( $E_n = 0,12$ ).  $K_{нит}$  - питомі капіталовкладення у варіанти експлуатації, грн./од. роб.

Економічний ефект визначається за кожним видом автотранспортної продукції (1 ткм. або км пробігу) за формулою:

$$E = (P_{пр.вит1} - P_{пр.вит2}) \cdot W_{річ}$$

Для прототипу двигуна

$$K_{нит\ ткм}^1 = 0,26 \text{ грн/ткм}$$

$$P_{пр} = 0,55 + 0,12 \cdot 0,26 = 0,58$$

Для прототипу двигуна із змінним ступенем стиску

$$K_{нит\ ткм}^2 = 0,276 \text{ грн/ткм}$$

$$P_{пр} = 0,40 + 0,12 \cdot 0,276 = 0,42$$

Розрахунок економічного ефекту для даних моделей двигуна

$$E = (0,58 - 0,42) \cdot 174200 = 27872 \text{ грн}$$

Всі розрахунки основних показників відображаються в таблиці 5.2

Таблиця 5.2 – Основні техніко-економічні показники роботи автомобілів при заданих умовах експлуатації

| № з/п | Найменування показників                            | Одиниці виміру | Марка автомобіля |              |
|-------|--|----------------|------------------|--------------|
|       |  |                | марочний бензин  | етиловмісний |
| 1     | Річний об'єм перевезень                            |                | 174200           | 174200       |
| 2     | Капітальні вкладення:                              |                |                  |              |
|       | а) загальні  | Грн.           | 46010            | 46203,7      |
|       | б) питомі  | Грн./ткм       | 0,26             | 0,275        |
| 3     | Витрати праці:                                     |                |                  |              |
|       | а) загальні  | люд-год        | 2076,8           | 2076,8       |
|       | б) питомі  | люд-год/ткм    | 0,84             | 0,84         |
|       | в) виробіток                                       | ткм/люд-год    | 1,192            | 1,192        |
|       | г) річний економічний ефект за затратами праці     | людин          | 1                | 1            |
|       | д) зміна рівня продуктивності праці                | %              | 0                | 0            |
| 4     | Грошові витрати:                                   |                |                  |              |
|       | а) загальні  | Грн.           | 2063,9           | 1843,89      |
|       | б)питомі   | Грн./ткм       | 0,55             | 0,4          |
| 5     | Порівняльна економічна ефективність:               |                |                  |              |
|       | а) приведенні питомі витрати                       | Грн./ткм       | 0,58             | 0,42         |
|       | б) річний економічний ефект за грошовими витратами | Грн.           |                  | 27872        |

### Висновок за розділом

Враховуючи всі фактори експлуатації даних автотранспортних засобів, а також підрахований економічний ефект від використання альтернативного виду пального та збільшення ступеня стиску на прототип двигуна можна зробити висновок, що впровадження використання альтернативного пального принесе прибуток в порівнянні з аналогом 27872 грн/рік (тобто за орієнтований пробіг—30000км). Тому застосування його на двигуні принесе не тільки економічний ефект, а й при експлуатації розвиватиме більшу потужність ніж в аналового двигуна і універсальність відносно якості і марки бензину що застосовується (відповідно від типу вантажу, а також умов експлуатації), та що не менш важливим відповідає вимогам Євро-5.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

На основі аналізу літературних джерел встановлено, що екологічна безпека автомобільного транспорту в значній мірі залежить від показників якості застосовуваного палива: змісту етилової рідини, ароматичних вуглеводнів, сірки. Показано, що одним із шляхів для вирішення екологічної та ресурсної проблеми виробництва високооктанових не етильованих бензинів є застосування оксигенатів (спиртів і ефірів).

Результати проведених лабораторно-стендових випробування дослідно-промислового зразка бензину АІ-95Е, результати яких підтвердили, що бензин АІ-95Е повністю задовольняє вимогам ДСТУ 7687:2015 "Бензини автомобільні Євро. Технічні умови", п. 4.2 (таблиця 1, п. 1-10, 12-15) для бензину автомобільного А-95-Євро5-Е6. і затвердженим нормам комплексу методів кваліфікаційної оцінки.

Результати випробувань бензину АІ-95Е на токсичність ВГ, економічність і їздові якості автомобілів ВАЗ, показали, що бензин, що містить 5% етанолу, не призводить до погіршення експлуатаційних характеристик автомобіля, не вимагає зміни вихідних регулювань двигуна і може застосовуватися на рівні з товарними бензинами.

Результати дорожніх випробувань бензину АІ-95Е з 10% етанолу на автомобілях, обладнаних системами електронного уприскування, на економічність і їздові якості автомобіля, показали, що застосування такого бензину не погіршує показники по економічності і їздовим якостям автомобіля.

Враховуючи всі фактори експлуатації автотранспортних засобів, а також розрахований економічний ефект від використання альтернативного виду пального та збільшення ступеня стиску на прототип двигуна можна зробити висновок, що впровадження використання альтернативного пального принесе прибуток в порівнянні з аналогом 27872 грн./рік (тобто за орієнтований пробіг – 30000 км ). Тому застосування його на двигуні принесе

не тільки економічний ефект, а й при експлуатації розвиватиме більшу потужність ніж в аналового двигуна і універсальність відносно якості і марки бензину що застосовується ( відповідно від типу вантажу, а також умов експлуатації ), та що не менш важливим відповідає вимогам Євро-5.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Колосюк, Д. С., Зеркалов, Д. В. Експлуатаційні матеріали: Підручник. Київ : Арестей, 2006. 260 с.
2. Антипенко, А. М., Сорокін, С. П., Поляков, С. О. Властивості та якість паливомастильних матеріалів. Харків : ЧП Червяк, 2006. 213 с.
3. Антипенко А.М., Сорокін С.П., Поляков С.О. Властивості та якість паливо-мастильних матеріалів – Харків: ЧП Червяк, 2006. – 213 с.
4. Окоча А.І., Антипенко А.М. Паливо-мастильні та інші експлуатаційні матеріали: Підручник. – К: Урожай, 1996. – 336 с.
5. Окоча А.І., Білоконь Я.Ю. Автотракторні витратні матеріали: Довідник. – К.: Фаза, 2002. – 102 с.
6. Чеботарев А.А. Паливно-екологічні проблеми транспортного комплексу. - В кн. Праці НІКТП, М .: 1992 року, вип. 137, с. 7 - 36.
7. Obel M. U.S. refiners poised move into next lead phase down step. Oil and Gas journal, 1985, v. 83, № 51, p. 15-19.
8. Капустін В.М., Кукес С.Г., Бертолусіні Р.Г. Нафтопереробна промисловість США. Хімія і технологія палив і олив, 1995, 30-45 с.
9. Захарова Е.Л., Ємельянов В. Е., Жовтневий Ф.В., Дейнеко П.С. Присадки для поліпшення антидетонаційних і екологічних властивостей автомобільних бензинів - Хімія і технологія палив і олив, 1994, N2, с. 35-38.
10. New Tame technology goes onstream (Editorial) - Hydrocarbon Processing, 1995, v. 74, № 100. p. 33, 35.
11. Камінський Е.Ф., Хавкін В.А., Пурінг М.Н. та ін. Перспективні технології виробництва бензинів з поліпшеними екологічними характеристиками, (темат. огляд), - М .: ЦНПТЕ- нафтохім, сер. Переробка нафти, 1995, с. 47-49.
12. Дем'яненко О.О. Гідроксіізопропілферроцен - нова присадка до моторних палив, обґрунтування вибору, фізико-хімічні властивості. - Автореф. дис. к.х.н., 1997. 21 с.

13. Кавад А., Ріос Л., Мора Н.Є. Перспективи застосування етанолу в двигунах внутрішнього згоряння. - М.: НІПТЕХІМ, 1988, вип. 2, с. 17.
14. Tosco tests MTBE-free gasoline sales (Editorial) - Oil and Gas Journal, 1998, v. 96, №20, p. 24.
15. Grow P. MTBE debate - Oil and Gas Journal, 2000., v. 98, № 7, p. 25.
16. The MTBE controversy. (Editorial) - Oil and Gas Journal, 1998, v. 96, №20, p. 19.
17. MTBE to be banned from California by 2003 (Editorial). - Octane Week, 1999, v. 14, № 13, p. 12.
18. Clean air regulation will boost refining catalyst demand. (Editorial) - Oil and Gas Journal, 2000., v. 98, № 9. p. 53.
19. Данилов А.М. Присадки і добавки. - М.: Хімія, 1996, 231 с.
20. Бочин І.А. Охорона повітряного басейну. - В кн. "Автотранспортний комплекс і екологічна безпека". - М.: Прим-Пресс-М, 1999, с. 5-9.
21. Салімов М.К. Ефективні варіанти вирішення еколого-економічних проблем у виробництві моторних палив в США. - Нафтопереробка і нафтохімія, 1991, № 6, с. 3-7.
22. Кузнецов Є.С. Проблеми, методи та результати забезпечення екологічної безпеки автотранспортного комплексу на регіональному рівні. - У кн. "Автотранспортний комплекс і екологічна безпека". - М.: Прим-Пресс-М, 1999, с. 54-63.
23. Малов Г.В. Робочі процеси і екологічні якості ДВЗ. - Автомобільна промисловість, 1992, N 9, с. 10-15.
24. D. Aitchison. Reformulated gasoline and its impact on FCC. / In: VII International Symposium for motor fuels. (Rome, 20-23 octob., 1990.).
25. Witoshkin F. High light olefin yields through catalytic cracking. / In: VII International Symposium for motor fuels. (Rome, 20-23 Octob., 1990. r.)
26. Гурєєв А.А., Фукс І.Г., Лашхі В.Л. Хімотологія. - М.: Хімія, 1986, с. 95.

27. Унзельман Г. Використання спиртів в складі автобензинів. - Нафта, газ і нафтохімія за кордоном, 1986, № 5, с. 100-102.

28. Shug K.P., Guttman H.J., Reuss A.W. Vehicle evaporative exhaust emission as influenced by benzene content of gasoline. - SAE Techn. Pap. Ser., 1990, № 900154, 26 pp.

29. Унзельман Г. Використання спиртів в складі автобензинів. - Нафта, газ і нафтохімія за кордоном, 1986, № 5, с. 100-102.

30. Shug K.P., Guttman H.J., Reuss A.W. Vehicle evaporative exhaust emission as influenced by benzene content of gasoline. - SAE Techn. Pap. Ser., 1990, № 900154, 26 pp.