

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра механічної та електричної інженерії**

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти  
*магістр*

на тему: «Визначення фізичних властивостей суміші автомобільних бензинів  
з біоетанолом»

КРМ.133ГМмд\_23.12.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
*«Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва»* спеціальності  
*133 «Галузеве машинобудування»*  
ступеня вищої освіти *магістр*  
групи *133ГМмд\_23*  
КРАСКА Вадим

Керівник: канд. техн. наук, доцент  
ХАРАК Руслан

**Полтава – 2024 року**

## ВСТУП

Нафта, основна сировина для виробництва паливно-мастильних матеріалів (ПММ), є невідновлюваною сировиною з обмеженими запасами в землі. Старі родовища нафти поступово вичерпуються, а нові, як правило, відкриваються у важкодоступних, малонаселених районах або у відкритому морі, що здорожує видобуток нафти.

Все це призвело до значного зниження темпів зростання видобутку нафти в багатьох країнах за останні роки. Існує невідповідність між зростаючим попитом на нафтопродукти для різних типів машин і можливостями нафтопереробних заводів задовольнити цей попит. Для подолання цієї невідповідності необхідно докласти зусиль як виробникам нафтопродуктів, так і споживачам, тобто всім галузям національної економіки. Шляхи збалансованого розвитку виробництва і споживання ПММ характеризуються такими напрямками:

1. Збільшення ресурсів рідких нафтових палив і масел шляхом поглибленої переробки нафти та їх уніфікації.
2. Використання альтернативних видів палива та масел.
3. Раціональне та економне використання ПММ.

Для кожної з цих сфер існують певні варіанти реалізації. Найбільш інтенсивні дослідно-експериментальні роботи ведуться в області використання в якості палива синтетичних спиртів, метил-трет-бутилового ефіру, водню, водопаливних емульсій і рослинної олії. В одних випадках вирішення проблеми знаходиться на дослідницькому рівні, в інших – на стадії успішних експериментів, а в третіх (наприклад, при додаванні води в паливо) – на стадії наукових дискусій, без консенсусу щодо впливу води на техніко-економічні показники двигунів.

Використання синтетичних компонентів як добавок до нафтовуглеводневих палив можна розглядати як перехідний етап від нафтових палив до їх заміників. Таке паливо вже широко використовується в різних країнах і може значно скоротити витрати на нафту та імпорт.

З різних видів синтетичних палив найбільшу увагу приділяють спиртам, особливо етиловому (етанолу), що пояснюється великими масштабами виробництва, різноманітністю сировинної бази і технології виробництва.

# 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1.1 Техніко-технологічні особливості виробництва біоетанолу

Етанол отримують шляхом зброджування цукрів (глюкози, сахарози та деяких інших) у безкисневому середовищі дріжджами. Майже весь етанол, отриманий таким чином, використовувався для виготовлення алкогольних напоїв, і лише невеликі кількості вироблялися хімічними методами та використовувалися в промисловості. Останніми роками ситуація кардинально змінилася. На сьогодні більше 50% виробленого в усьому світі етанолу використовується як добавка до палива для двигунів внутрішнього згоряння, і лише 15% використовується для виготовлення алкогольних напоїв. Етанол з біомаси, який використовується як паливо, називається паливним етанолом або біоетанолом (за європейською термінологією). По суті, це абсолютний етиловий спирт [1].

Світове виробництво етанолу в 1998 році становило близько 32 мільярдів літрів, з яких 4 мільярди літрів припадали на продукти харчування, 8 мільярдів літрів на хімічну промисловість і 20 мільярдів літрів на паливо. Лише 7% загальної кількості етанолу було отримано хімічним синтезом, 93% дріжджовим зброджуванням цукру та зерна. Об'єм виробництва харчового спирту залишається незмінним з 1975 року, а обсяг етанолу для палива зріс з 2 до 20 млрд. літрів у 1998 році та до 51 млн. м<sup>3</sup> у 2006 році [1].

Україна позитивно оцінює розвиток ринку біоетанолу. Сировиною для паливного етанолу може бути патока (її обсяг близько 2 млн т на рік), зернові культури, спеціальні технічні культури, фрукти, картопля та ін. [2].

Україна є великим виробником харчового спирту. Загальна річна потужність спиртових заводів становить близько 700 мільйонів літрів спирту, з яких 340 мільйонів літрів припадає на заводи з переробки меляси. На жаль, велика кількість цих підприємств працює лише частково або взагалі не працює.

В Україні вже завершено масштабну роботу з розробки та впровадження технології виробництва аналога паливного етанолу – високооктанової оксигенованої добавки до бензину, отриманої шляхом біоконверсії вуглеводневмісної відновлюваної сировини. Технологія виробництва цієї добавки розроблена Українським інститутом спиртової та харчової біотехнології (УкрНДІспиртбіопрод) і державним концерном «Укрспирт». Її використовували на семи лікєро-горілочаних заводах України – Барському, Довжоцькому, Лужанському, Дублянському, Гайсинському, Маловисківському та Узинському оцтово-дріжджових заводах загальною добовою потужністю понад 120 тонн. [2].

Оскільки патока дешевша за зерно, її переробляли на лікєро-горілочанє зерно, а із зерна отримували спирт-ректифікат для виробництва високоякісних алкогольних напоїв. Зі збільшенням виробництва зерна в Україні та широкою переробкою за ефективними технологіями виробництва сухого зернового пива досить економічно виробляти спиртову крупу з крохмалистої сировини. Перспективною сировиною для цього є цукровє сорго.

Постановою Кабінету Міністрів України від 4 липня 2000 р. № 1044 затверджено етанолову програму, спрямовану на створення нових видів продукції та відкриття нових ринків збуту для лікєро-горілочаних заводів. Ця програма поєднує стратегію виробництва високооктанової оксигенованої добавки, технічного спирту та продуктів з них (продуктів тонкого органічного синтезу, синтетичного каучуку, етилену, етиленгліколю, біодизелю) з цілями зниження витрат на етанол та комплексного безвідходного використання сільськогосподарської сировини [2].

## **1.2 Технології виробництва біоетанолу**

Процес виробництва біоетанолу зазвичай складається з двох основних стадій, а саме: виробництва спирту-сирцю та дегідратації етанолу.

При виробництві спирту-сирцю етанол відокремлюють від домішок перегонкою. Спирт, отриманий таким чином, містить близько 4% води за

об'ємом. Склад цієї суміші змінюється в залежності від тиску. Однак проста ректифікація не може отримати зневоднений етиловий спирт, який необхідний як добавка до палива. Теоретично зневоднений спирт можна виробляти за допомогою вакуумних реакторів, але вони дорогі в розробці, виробництві та використанні. Для зневоднення спирту використовують вапно, гіпс та інші сполуки, що додають воду, але великі втрати етанолу при регенерації дегідраторів виключають застосування цих методів на практиці. В останні роки розроблені способи виробництва дегідратованого спирту з використанням молекулярних сит і напівпроникних плівок, але висока вартість сит і велика кількість допоміжних технологічних операцій для їх регенерації є причинами їх повільного впровадження в спиртовій промисловості. Згідно з правилами Польщі (PN-92/C-096025) дозволяється додавати до бензину 5% (об'ємних) етанолу, якщо загальний вміст кисню в паливі становить 2,8% за вагою.

Виробництво біоетанолу складається з послідовних процесів підготовки сировини, бродіння з дистиляцією, ректифікації та дегідратації етанолу. Блок-схема процесу виробництва етанолу шляхом дегідратації на молекулярних ситах (також називається молекулярною абсорбцією) показана на рис. 1.1.

Технологічний процес виробництва біоетанолу методом молекулярної абсорбції здійснюється згідно з виробничо-технологічними правилами «Технологічні правила виробництва біоетанолу методом абсорбції на молекулярних ситах», розробленими УкрРФІБП, ТОВ «СТВ Інтермаш», 2007 р. [3].

Технологічний процес виробництва біоетанолу з кукурудзи наведено на рис. 1.2.

Технологічний процес виробництва біоетанолу з зерна кукурудзи можна розділити на два етапи. На першому етапі процесу зерно кукурудзи очищають від різних домішок, потім подрібнюють і змішують з водою для приготування партії. Також використовується фільтрат барди, що становить 30% води, яка

використовується на цьому етапі. Це зменшує об'єм стічних вод, зменшує споживання води та сприяє інтенсифікації процесів приготування дріжджів і бродіння суслу. Наступними етапами є дистиляція браги, концентрація та дегідратація біоетанолу.

Замість гідроферментують за допомогою ферментних препаратів. Вони містять термостабільну амілазу, що дозволяє варити крохмаль при температурі не вище 90 °С. Ця технологія знижує втрати тепла на цьому етапі на 30-35%. УкрНДІспиртбіопрод розробив перспективну технологію зброджування негідролізованого крохмалю змішаною культурою мікроорганізмів. Оцукрювання і зброджування крохмалю до спирту відбуваються одночасно. Це дає змогу

скоротити споживання комерційних ферментних препаратів на 90% і відповідно знизити собівартість біоетанолу.

Для зброджування сусла застосовується відібраний в УкрНДІспиртбіопрод новий штам дріжджів, який має підвищену спиртоутворюючу здатність і осмофільні властивості. Штам допускає збагачення до 15% об. етилового спирту.

Бродіння сусла відбувається безперервно або періодично з частковим вакуумом. Це забезпечує зростання умовної міцності браги до 18...20% об., зменшення об'єму післяспиртової браги на 40% об. і сприяє збільшенню концентрації сухих речовин у післяспиртовій бразі.

Застосування нових ефективних біоцидів є запобіжником зараженню сусла та браги сторонньою мікрофлорою та підвищує економічну ефективність використання вуглеводнів.

Гарантованим рівнем витриманого браги є вміст алкоголю до 12-13% об.

Друга стадія процесу включає дистиляцію браги, концентрування та дегідратацію біоетанолу.

Бражку нагрівають, дегазують і переганяють до одержання бражного дистиляту з концентрацією спирту не менше 92% об.

Для одержання дистиляту використовують ректифікаційну колону з концентраційною секцією та відповідним теплообмінним і допоміжним обладнанням.

Адсорбційна система з молекулярними ситами, що працює за принципом змінного тиску, використовується для зневоднення вихідного спирту та виробництва біоетанолу як палива. Дегідратація біоетанолу здійснюється на молекулярних ситах без попередньої стадії конденсації, що дозволяє спростити апаратну схему та зменшити енерговитрати на стадії дегідратації. Запропонована технологія дозволяє отримувати біоетанол з максимальним вмістом води 0,2% і октановим числом не менше 108 згідно ASTM D 2699 (стандарт США).

Технологія виробництва біоетанолу з м'яси на українських спиртових заводах наведена на рис. 1.3.

На першому етапі процесу виробництва біоетанолу з м'яси відбувається ферментація м'ясного сусла. М'ясу готують до бродіння шляхом підкислення її соляною кислотою, збагачення джерелами азоту і фосфору та додавання антисептика, який має повну бактерицидну дію і зберігає активність тривалий час навіть при високих температурах.

Бродіння відбувається за технологією, яка поєднує в собі найсучасніші методи культивування дріжджів і анаеробного бродіння суслу штамом дріжджів, відібраним в УкрНДІспиртбіопрод. Цей штам має підвищену спиртоутворюючу здатність і осмофільні властивості.

Гарантована ефективність зрілої браги:

- вміст етилового спирту - 10,5...11,0% об.;
- вуглеводні незброжені - 0,25...0,35 г/100 мл.

Другий етап технологічного процесу – зневоднення біоетанолу. Брагу нагрівають, дегазують і переганяють до отримання концентрованої водно-спиртової пари з об'ємною часткою біоетанолу не менше 93%. Концентрована водно-спиртова пара зневоднюється на установці молекулярного сита для отримання біоетанолу з концентрацією води не більше 0,2 відсотка за об'ємом.

Для отримання концентрованої водно-спиртової пари використовують ректифікаційну колону з концентраційною секцією та відповідним теплообмінним і допоміжним обладнанням.

### **1.3 Енергетична оцінка виробництва біоетанолу**

Для дегідратації концентрованих водно-спиртових парів і виробництва біоетанолу використовується адсорбційна система з молекулярними ситами, принцип роботи якої полягає в застосуванні змінного тиску. Біоетанол зневоднюють на молекулярних ситах без попередньої стадії конденсації. Це дає змогу спростити схему системи та зменшити енерговитрати на етапі зневоднення (табл. 1.1, 1.2).

Як показано в таблиці 1.2, при використанні 1 тонни біоетанолу з меляси виробляється на 68,5% більше енергії, ніж було використано для його виробництва. Це означає, що вихід енергії з виробництва становить 20541 МДж/т біоетанолу.

Енерговіддача при виробництві 1 тонни біоетанолу з кукурудзи напряду залежить від середньої врожайності цієї культури з 1 га землі. Враховуючи поточну врожайність кукурудзи в Україні 3,25 т/га, виробництво біоетанолу з кукурудзи буде енергетично неефективним.

Водночас, згідно з останньою інформацією Міністерства сільського господарства США, підвищення економічної ефективності виробництва біоетанолу відбувається насамперед за рахунок збільшення середньої врожайності кукурудзи з гектара.

Українські спиртові заводи виробляють високооктанові кисневі добавки до бензину шляхом азеотропної ректифікації циклогексаном.

У 2000 році розроблено технічні умови на виробництво високооктанових кисневмісних присадок до бензину (ВКП) біометодом азеотропної ректифікації з циклогексаном.

ТУ ТУ-30183376.001-2000 (власник ТУ-000 «Епсилон», Київ) [3].

Технологія отримання ВКП азеотропною ректифікацією заснована на роботі промислової установки з виробництва ВКП в бензин. Ця добавка складається з трьох колон: дистиляційної колони, колони регенерації та колони дегідрування, які оснащені відповідним теплообмінним і допоміжним обладнанням і системою трубопроводів.

Таблиця 1.1 – Питомі витрати теплоенергоресурсів на виробництво 1 т біоетанолу

Назва показника, тип сировини	Кукурудза	Меляса
Витрати:		
сировини	2,9	4,23
гріючої пари	4,26	3,52
електроенергії	175	160
артезіанської води з температурою 15°C, м <sup>3</sup>	6,45	7,5
охолоджуючої (зворотної) води з температурою 25°C, м <sup>3</sup>	167	144

Таблиця 1.2 – Енергетичний баланс на виробництво біоетанолу

Назва показника	Тип сировини	
	Кукурудза	Меляса
Витрати антропогенної енергії при виробництві сировини для біоетанолу за типовими технологіями	50,591 МДж/га = = 15 566 МДж/т (при урожайності кукурудзи 3,25 т/га)	4,5 МДж/т
Витрати енергії за сировиною на 1 т біоетанолу	15566 × 2,9 = 45 141 МДж/т біоетанолу	4,5 × 4,22 = 19 МДж/т біоетанолу
Витрати енергії за виробництва біоетанолу	11 424 МДж/т	9 440 МДж/т
Всього енергії на виробництво 1 т біоетанолу	56 565 МДж/т	9 459 МДж/т
Кількість енергії, отриманої при використанні 1 т біоетанолу	30 000 МДж/т	30 000 МДж/т
Енергетичний вихід від виробництва 1 т біоетанолу	26 565 МДж/т	20 541 МДж/т
Енергетична ефективність виробництва 1 т біоетанолу		68,5 %
Собівартість біоетанолу	4685 грн/т = 0,5 Є/л	3215 грн/т = 0,35 Є/л

Технологія виробництва біоетанолу різними способами подрібнення зерна наведена на рис. 1.4.

Коли зерно готується до переробки біоетанолом, його спочатку подрібнюють сухим або мокрим способом. В якості вихідної сировини найчастіше використовують зерно пшениці або ячменю. Після сухого подрібнення подрібнену масу піддають гідролізу і ферментації. Після мокрого помелу одержану масу поділяють на три фракції: крохмаль, клітковину і грубий корм. Фракцію

крохмалю ділять на дві частини: менша частина призначена для гідролізу і бродіння, більша частина використовується в їжу.

Тому підготовка та ферментація підвищують економічну ефективність процесу. З тих самих причин мокрий помел відокремлює зародок від зерна кукурудзи та вичавлює олію з високою харчовою цінністю.

При сухому помелі зі 100 кг зерна злакових культур отримують близько 33 дм<sup>3</sup> біоетанолу та 27 кг комбікорму. При мокрому помелі зі 100 кг зерна можна одержати 36...38 дм<sup>3</sup> етанолу, 20 кг комбікорму, 4 кг глини, 2 кг кукурудзяної олії. Більша кількість біоетанолу під час мокрого помелу пояснюється кращим використанням целюлози, яка становить приблизно 9,5% від сухої маси зерен. Ферментація зазвичай займає від 48 до 72 годин. Зброджену зернову масу (стиглу бражку) направляють на спиртзавод. Тут спирт-сирець переганяють із різниці між температурою кипіння спирту (78,3 °С) і води. Спирт-сирець містить лише 88...94% спирту за об'ємом, решта складається з до 40 побічних продуктів бродіння [6].

Наступним кроком буде відділення спирту від залишку. Спосіб ректифікації та повторної дистиляції. При звичайних процесах ректифікації воду не можна повністю видалити зі спирту-сирцю, оскільки етиловий спирт (95,57% за масою) і вода (4,43% за масою) утворюють суміш, склад якої не змінюється під час подальшої дистиляції. Особливістю цієї суміші є те, що під дією підвищеного тиску вона може змінювати свій склад, викликаючи розшарування води та етанолу. Ця властивість ускладнює використання цієї суміші як палива.

Серед багатьох різноманітних методів зневоднення спирту найбільшого поширення набув метод перегонки з додаванням азеотропних елементів (бензолу, циклогексану). Ця суміш разом з водою і спиртом утворює трикомпонентний розчин, який має нижчу температуру кипіння. Це дозволяє відокремити безводний етанол.

Для зневоднення спирту використовується обладнання, що включає зневоднювальні колони, сепараційні аеротропи та комплекти дефламаторів, конденсаторів і охолоджувачів. Зневоднення є надзвичайно енергоємним і витратним процесом. Сьогодні його замінюють сучасні процеси мембранного розділення.

Сьогодні етанол як паливо виробляють у всьому світі шляхом збродження цукру (з цукрової тростини) або висококрохмалистої сировини (переважно кукурудзи). У Канаді, Бразилії та США діють спеціальні державні програми з виробництва етанолового палива. Світовими лідерами в цій сфері є Бразилія та США. Завдяки сучасним технологіям виробництво етанолу з цукрової тростини стало прибутковим у Бразилії: з 1990 року обсяги збільшувалися на 4% щорічно, а витрати впали на 3%. Колись тут виробляли етанол переважно як пальне для автомобілів зі спеціально модифікованими двигунами. Останнім часом паливні суміші з вмістом етанолу почали використовувати й у Бразилії: 26% у бензині та 3% у дизелі. Такі суміші не вимагають змін в конструкції двигунів внутрішнього згоряння або дизелів. Щорічно, залежно від кон'юнктури ринку цукру, уряд встановлює відсоток біоетанолу, який додається до бензину. Паливо на етанолі оподатковується лише податком на прибуток, а не акцизним податком.

Сполучені Штати є другим у світі виробником етанолу, палива, яке щорічно економить близько 1,5 мільярдів доларів США на закупівлі нафтопродуктів. Це сприяє стабільній роботі сільського господарства, створенню нових робочих місць, будівництву спиртзаводів та покращенню екологічної ситуації в країні.

В порівнянні з Бразилією, вартість виробництва етанолу з кукурудзи в США дорожча. Незважаючи на сланцевий бум, США мають податкові пільги на етанолове паливо, щоб зробити його дешевшим за бензин. Згідно закону, який підписав президент США і діє донині, ця знижка еквівалентна 0,014 долара за літр бензину. Іллінойс є лідером країни з виробництва етанолу. Існує дві установки потужністю 1,05 млн літрів на добу. Загальна потужність заводів по виробництву етанолу в США становить понад 7,5 мільярдів літрів на рік. За даними коаліції губернаторів, які підтримують галузь, з 1978 року в галузь було інвестовано понад 4 мільярди доларів США.

У 20 штатах працює 56 заводів по виробництву етанолу, ще 30-35 заводів знаходяться на стадії будівництва. Згідно даних, в 2020 році США виробили близько 36 мільярдів літрів.

Країни ЄС виробляють 2 мільярди літрів етанолу щорічно, але менше 10% цього використовується як паливо. У 2001 році дві комісії ЄС встановили рекомендації щодо використання біопалива країнами ЄС - так звані «Біодирективи» про обов'язкову частку біопалива в традиційному транспортному паливі. Відновлювані види палива включають біоетанол і ЕТВЕ (етилтрет-бутиловий ефір - етерифікований біоетанол). Майже всі транспортні засоби, зареєстровані в ЄС, з технічної точки зору, придатні для використання пального з вмістом біоетанолу до 15% або ЕТВЕ [3].

Виробництво біобутанолу. Виробництво біобутанолу почалося в усьому світі в останнє десятиліття 20 століття і є переважно експериментальним. До цієї інновації долучилися всесвітньо відомі компанії DuPont і BP.

Дві компанії працюють разом з 2003 року над розробкою біобутанолу з властивостями, які могли б допомогти подолати обмеження існуючих типів.

BP є однією з провідних енергетичних компаній світу. Вона постачає своїм клієнтам паливо для транспорту, енергію для освітлення та тепла, послуги для роздрібною торгівлі та нафтохімікату для щоденного використання. BP є найбільшим виробником нафти і газу в США і одним з найбільших переробників нафтопродуктів. Компанія має глобальну мережу з 25 000 АЗС.

DuPont [9] була заснована в 1802 році в США і є однією з найбільших транснаціональних науково-промислових корпорацій у світі. DuPont має офіси більш ніж у 70 країнах.

Нове партнерство між двома компаніями дозволить їм зосередити спільні зусилля на розробці відновлюваних джерел палива для транспорту, спираючись на біотехнології та ресурси біовиробництва DuPont, з одного боку, і досвід BP у паливних технологіях та її активну діяльність, з іншого. на ключових паливних ринках.

Термін «біопаливо», як уже згадувалося, включає в себе всі види транспортного або рідкого палива і виробляється з біомаси - органічного рослинного матеріалу, який накопичує сонячну енергію в хімічній формі. Ці компанії перетворюють накопичену хімічну енергію на рідке паливо шляхом ферментації цукру з таких культур, як кукурудза, пшениця чи цукрові буряки, для виробництва біобутанолу.

Обидві компанії визнають, що, незважаючи на те, що передові біокомпоненти є чудовою відправною точкою для переходу на біопаливо та відіграватимуть усе більш важливу роль у світовій економіці в майбутньому, існує ряд проблем, які перешкоджають їхньому проникненню на ринок. Зокрема, сумісність з існуючими системами подачі та розподілу палива, можливість збільшення концентрації біокомпонентів у паливних сумішах без необхідності модифікації двигуна та ефективність використання палива – все це питання, які потребують вирішення. І нове покоління біопалива має стати відповіддю на ці проблеми.

Дослідження зараз досягли етапу, коли компанії виробляють свої перші продукти з нового покоління відновлюваних ресурсів, таких як біобутанол, і продають на ринку.

Біобутанол – це спирт (подібно до етанолу), але з техніко-економічними характеристиками, які роблять його набагато ефективнішим біокомпонентом палива, який також може покращити спирто-бензинові суміші. Біобутанол має низький тиск насичених парів і більш стійкий до забруднювачів води в бензинових сумішах, що дозволяє транспортувати та доставляти його через існуючу інфраструктуру розподілу палива. Одна з переваг біобутанолу полягає в тому, що його можна змішувати з бензином у більш високих концентраціях, ніж доступне біопаливо, без необхідності модернізації транспортних засобів. Він також забезпечує кращу економію палива, ніж суміші бензину та етанолу, збільшуючи паливну ефективність автомобіля та пробіг.

Біобутанол відповідає промисловим стандартам і абсолютно безпечний для автомобілів. З цієї причини він був представлений у Великобританії як біокомпонент бензину. Біобутанол виробляється на заводі British Sugar. DuPont і BP співпрацюють з British Sugar, дочірньою компанією Associated British Foods, над переобладнанням першого в країні заводу з ферментації етанолу для виробництва біобутанолу. Крім того, BP і British Sugar вже розпочали техніко-економічне обґрунтування можливості будівництва більш ефективних виробничих потужностей у Великобританії. Крім того, BP і DuPont шукають партнерства з виробниками біопалива в інших регіонах. Вони хочуть збільшити виробничі потужності та позитивно вплинути на світовий ринок біобутанолу. Додаткові виробничі потужності будуть введені в експлуатацію відповідно до потреб ринку.

Початкове виробництво біобутанолу базується на існуючій технології, яка допоможе якомога швидше вивести продукт на ринок. Перший біобутанольний завод DuPont BP використовуватиме цукровий буряк як сировину. Базаючись на існуючій технології виробництва, компанія планує вивести біобутанол на ринок у великих кількостях протягом 2008 року.

На другому етапі буде розроблено новий біотехнологічний процес, який пропонує більш прогресивну технологію переробки сировини. Завод зможе працювати з широким спектром сировини – цукрової тростини або цукрових буряків, кукурудзи, пшениці або маніоки, а в майбутньому також з целюлозовмісною сировиною зі швидкозростаючих «енергетичних культур», таких як злакові трави. Або з сільськогосподарських побічних продуктів, таких як солома чи кукурудзяні стебла. Оскільки виробництво біобутанолу та етанолу схоже та використовує однакову сировину, існуючі заводи з виробництва етанолу можна перевести на біобутанол.

DuPont твердо вірить, що біологія зможе допомогти зменшити залежність від нафтового палива. Біобутанол — це лише перший продукт у серії інноваційних рішень, які DuPont може запропонувати для трансформації гло-

бальної економіки шляхом посилення ролі відновлюваних інгредієнтів і природних процесів у виробництві продуктів для кращого, безпечнішого та здоровішого світу.

Транспорт є важливою галуззю економіки. Його потрібно розвивати і розширювати. Проте на транспорт припадає близько 20% викидів забруднюючих речовин у світі. Таким чином, збільшення частки сумішей з компонентами на біооснові в найближчому майбутньому та в довгостроковій перспективі є однією з небагатьох реальних можливостей для кардинальних змін у цій галузі в глобальному масштабі.

BP вирішила виділити значні ресурси на розширення доступності біопалива. Це частина стратегії компанії з розробки нових джерел низьковуглецевого або відновлюваного палива на майбутнє. Ця позиція є прямим результатом офіційного оголошення компанії про створення окремого підрозділу BP Alternative Energy з паралельною масштабною дослідницькою програмою в сонячній, водневій та вітровій енергетиці. Крім того, компанія нещодавно оголосила про свій намір фінансувати інститут енергетики та наук про життя, розташований у провідному дослідницькому центрі. Це перший подібний заклад у світі.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

### 2.1 Значення фракційного складу та густини

Фракційний склад показує залежність між кількісним вмістом фракцій палива (в об'ємних відсотках) і температурою його перегонки. Фракційний склад бензину визначає запуск двигуна, час його прогріву і прийомистість, зношування деталей циліндра і поршня, витрата палива і оливи, токсичність вихлопних газів і т. д. Для характеристики ФК стандарт встановлює температуру при якій починається перегонка, температура, при якій переганяється 10, 50 і 90% бензину, і температура, при якій закінчується перегонка; він також визначає залишок після дистиляції та втрати.

По температурі перегонки 10% бензину ( $t_{10\%}$ ) визначають наявність пускових фракцій (головних фракцій), які визначають легкість пуску холодного двигуна. Чим нижча ця температура, тим легше і швидше можна запустити двигун, тому що в циліндр надходить більше бензину, ніж парів. Важливо, що температура  $t_{10\%}$  була низькою для бензину, який використовується при понижених температурах повітря.

При підвищеній температурі перегонки 10% важко запустити холодний двигун, так як велика частина бензину подається в циліндр в рідкому стані. Цей бензин розріджує оливу, змиває її зі стінок циліндрів і викликає підвищений знос деталей двигуна.

Якщо бензин має дуже понижену температуру  $t_{10\%}$ , то при нагріванні двигуна, особливо в спеку, легкокиплячі вуглеводні під капотом в системі живлення можуть випаровуватися, утворюючи пари, які за об'ємом в 15...200 разів перевищує обсяг бензину. Це призводить до того, що вони перекривають подачу палива з бака до насоса, тому таке явище називають «паровою пробкою». Для запобігання цьому рекомендується використовувати бензин при температурі зовнішнього вітру ( $t'_f$ ) не вище [19, 20]:

$$t'_f = t_{10\%} + 10 . \quad (2.1)$$

Крім того, кількість легкозаймистих вуглеводнів в бензині обмежена температурою  $t_{\text{шт}}$ , яка повинна бути не менше 35 °С для всіх марок літнього бензину. Це зменшує втрати легкозаймистих вуглеводнів через випаровування під час зберігання, якщо резервуари нагріваються сонячним світлом.

Застосування бензину з високим вмістом низькокиплячих компонентів, крім утворення «парових пробок», може призвести до обмерзання карбюраторів через різке зниження температури в системі впуску.

Можна розрахувати мінімальну температуру повітря ( $t_i$ ), при якій можливий запуск двигуна [21, 22].

$$t_i = \frac{1}{2}t_{10\%} - 50,5. \quad (2.2)$$

У бензинових інжекторних системах ризик «парових пробок» практично виключається, оскільки паливо до форсунок подається через спеціальний насос, розташований біля паливного баку, а не під капотом.

Після пуску двигуна інтенсивність його нагріву і прийомистість (інтенсивність розгону до певної швидкості після різкого відкриття дросельної заслінки) залежить в основному від температури перегонки 50% бензину ( $t_{50\%}$ ). Чим нижче ця температура, тим легше випаровуються середні порції бензину, забезпечуючи стабільну роботу на холостому ході та хорошу економію палива.

Однак використання бензину з низькою температурою  $t_{50\%}$  може призвести до зниження коефіцієнта наповнення та продуктивності двигуна. Тому температура перегонки 50% палива для автомобільного бензину становить 100...115 °С.

Для оцінки інтенсивності та повноти згоряння робочої суміші та наявності важких вуглеводнів у бензині використовують температуру перегонки 90% ( $t_{90\%}$ ) і температуру кінця кипіння ( $t_{\text{шт}}$ ). При наявності важких фракцій паливо не випаровується повністю, що призводить до нерівномірного розподілу паливної суміші між циліндрами, розрідження оливи паливом, збільшення зносу

двигуна і витрати палива. Чим менший діапазон температур від  $t_{90\%}$  до  $t_{\text{шт}}$ , тим краща якість палива.

За величиною втрат при перегонці бензину оцінюють його здатність до випаровування при транспортуванні та зберіганні.

Густина нафтопродукту є важливим показником. Їх знання необхідне для обліку витрат і нормування нафтопродуктів у господарствах, оскільки вони отримуються з нафтобази в одиницях маси (кг, тонни) і видаються в одиницях об'єму (літри). Крім того, за густиною можна оцінити вид нафтопродуктів і їх змішування між собою.

Визначення фракційного складу та густини проводилось для етанолу, трьох марок бензинів (А-92, А-95, А-98) та їх сумішей.

## **2.2 Визначення фракційного складу та густини етанолу**

Етанол суттєво відрізняється від бензину за своїми фізико-хімічними та експлуатаційними властивостями. Основні переваги етанолу як моторного палива включають його високу детонаційну стійкість і меншу кількість повітря, необхідну для його згоряння. Висока прихована теплота парів етанолу знижує температуру паливної суміші під час такту впуску, що збільшує коефіцієнт наповнення циліндра та дозволяє двигуну прискорюватися за рахунок збільшення середнього ефективного тиску.

Максимальна температура горіння етанолу в повітрі становить приблизно на  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  нижче, ніж у бензино-повітряної суміші, завдяки чому знижується теплове навантаження на деталі циліндро-поршневої групи, коксування і утворення сажі, знижується концентрація оксидів азоту (в 1,5-2 рази) та вуглеводнів (в 1,3-1,7 рази) у вихлопних газах [23, 24].

До недоліків етанолу як палива можна віднести його низьку теплотворну здатність, що збільшує експлуатаційні витрати етанолу та зменшує запас ходу автомобіля приблизно в півтора рази. Етанол викликає корозію свинцевих і

алюмінієвих сплавів. При додаванні етанолу якість бензину змінюється відповідно до властивостей етанолу. У той же час бензин, що містить етанол, має такі негативні властивості, як схильність до утворення розшарування при низьких температурах і в присутності вологи, а також несумісність з гумою і пластмасами.

## **3 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **3.1 Мета і програма експериментальних досліджень**

Метою експериментальних досліджень є порівняння фізичних властивостей бензинів і етилового спирту та їх сумішей.

Дослідження проводилися в лабораторних умовах.

Програмою досліджень передбачалося:

1. Визначення фракційного складу (ФК) та густини етанолу;
2. Визначення фракційного складу та густини бензину А-92 в суміші з етанолом;
3. Визначення фракційного складу та густини бензину А-95 в суміші з етанолом;
4. Визначення фракційного складу та густини бензину А-98 в суміші з етанолом.

### **3.2 Визначення густини нафтопродуктів**

Густину нафтопродуктів визначають нафтоденсиметрами. Сухий і чистий нафтоденсиметр обережно опускають в циліндр з нафтопродуктом (рис. 3.1). Після припинення коливань відраховують значення густини по верхньому краю меніску, встановлюючи око на одному рівні з шкалою підрахунку і по термометру приладу записують температуру [10, 11].

Густина нафтопродукту залежить від температури, тому якщо визначення густини проводилось при температурі відмінній від стандартної 20°C, необхідно внести поправку (табл.3.1) за формулою [12, 13] (3.1):

а – нафтоденсиметр; б – замір густини нафтопродукту; в – загальний вигляд нафто денсиметру; 1 – шкала густини, 2 – шкала температури.

Рисунок 3.1 – Прилад для визначення густини нафтопродукту

$$\rho^{20} = \rho^t + \gamma \cdot (t - 20), \quad (3.1)$$

де  $\rho^{20}$  – густина при 20 °С, г/см<sup>3</sup>;

$\rho^t$  – густина при температурі нафтопродукту, г/см<sup>3</sup>;

$\gamma$  – температурна поправка густини.

Середні температурні поправки для нафтопродуктів наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. – Середні температурні поправки для нафтопродуктів [14]

Відносна густина	Температурна поправка на 20°C	Відносна густина	Температурна поправка на 20°C
1	2	3	4
0,6900...0,6999	0,000910	0,8500...0,8599	0,000699
0,7000...0,7099	0,000897	0,8600...0,8699	0,000686

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
0,7100...0,7199	0,000884	0,8700...0,8799	0,000673
0,7200...0,7299	0,000870	0,8800...0,8899	0,000660
0,7300...0,7399	0,000857	0,8900...0,8999	0,000647
0,7400...0,7499	0,000844	0,9000...0,9099	0,000633
0,7500...0,7599	0,000831	0,9100...0,9199	0,000620
0,7600...0,7699	0,000818	0,9200...0,9299	0,000607
0,7700...0,7799	0,000805	0,9300...0,9399	0,000594
0,7800...0,7899	0,000792	0,9400...0,9499	0,000581
0,7900...0,7999	0,000778	0,9500...0,9599	0,000567
0,8000...0,8099	0,000765	0,9600...0,9699	0,000554
0,8100...0,8199	0,000752	0,9700...0,9799	0,000541
0,8200...0,8299	0,000738	0,9800...0,9899	0,000528
0,8300...0,8399	0,000725	0,9900...0,9999	0,000515
0,8400...0,8499	0,000712		

### 3.3 Визначення фракційного складу

ФК дизельного палива визначають на приладі (рис.3.2) [15, 16]. В колбу заливають 100 мл. досліджуваного дизельного палива (наливаючи паливо, колбу треба тримати похило, щоб воно не потрапило у відвідну трубку). В середину колби кидають 2-3 шматки пористої речовини (пемзи, шамоту або фарфору), щоб при нагріві створювалось рівномірне кипіння. Колбу закривають пробкою з встановленим в неї термометром, який встановлюють так, щоб верхній кінець ртутної кульки був на рівні нижнього кінця відвідної трубки. В цьому випадку можливо відмітити температуру пари, що надходить в холодильник. Колбу з'єднують трубкою з холодильником і під її дно підставляють електроплитку.

Температуру, при якій падає перша крапля до прийомника, відмічають як температуру початку кипіння нафтопродукту. На протязі всього дослідження слідкують, щоб швидкість розгонки не перевищувала 4-5 мілілітрів / хв.

1 – термометр; 2 – колба; 3 – баня холодильника; 4 – мірний циліндр; 5 – електрична плитка; 6 – кожух

а) схема установки

б) загальний вигляд

Рисунок 3.2 – Установка для розгонки нафтопродуктів

Під час перегонки через кожні 10 мл. зібраного в прийомнику продукту записують температуру. Показниками кінця розгонки є те, що у шийці колби з'являється біла пара, температура різко падає.

Після закінчення перегонки припиняють нагрів та дають на протязі п'яти хвилин витекти в прийомник рідині, з конденсованої з пари, цей об'єм добавляють до того, при якому відмічена температура кінця кипіння.

Ту незначну кількість палива, яка залишилась після охолодження, вимірюють маленькою градуйованою мензуркою. Різницю між 100 мл. взятого палива і сумою залишку і відгону, зібраного в прийомнику приймають за витрати при перегонці.

Результати розгонки палива оформляють у вигляді графіка, названого кривою фракційної розгонки. По осі абсцис відкладають температуру, а по осі ординат – об'єм випаруваного палива (рис. 3.3.). Одержані результати порівнюють з ДСТУ [17, 18].

Рисунок 3.3 – Крива фракційної розгонки

## 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

### 4.1 Визначення ФК та густини етанолу

На рис. 4.1. та в таблиці 4.1. представлені результати розгонки етанолу.

Рисунок 4.1 – Крива розгонки етанолу

Таблиця 4.1 – Результати фракційної розгонки етанолу

Показник	Значення
ФК, °С:	
поч. кипіння	74
10%	75
50%	76
90%	80
кінець кипіння	84
Залишок в колбі, %	0,5
Залишок і втрати, %	1,0
Густина , кг/м <sup>3</sup> , при 20 °С	809,4

Із-за високої теплоти випаровування етанол характеризується поганими пусковими властивостями. Температура початку кипіння складає  $74\text{ }^{\circ}\text{C}$ , тоді як для бензинів ця температура складає  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Водночас прийомистість з етанолом буде краща, оскільки температура википання  $50\%$  менша ніж у бензинів.

#### **4.2 Визначення ФК та густини бензину А-92 в суміші з етанолом**

Бензин А-92 виготовляють на основі бензину каталітичного риформінгу і каталітичного крекінгу з добавкою  $15\text{...}29\%$  легкого бензину прямої перегонки. Допускається етилювання бензину, але вміст ТЕС обмежено  $0,24\text{ г/кг}$  палива. Він є основним бензином для сучасних вантажних автомобілів, які мають двигуни з ступенем стиску  $6,5\text{...}7,0$ . Застосовують у двигунах вантажних автомобілів, автобусів, легкових автомобілів вітчизняного виробництва.

Дослідження виконувались для трьох варіантів: бензин А-92 в чистому вигляді, а також із добавкою  $10$  і  $20\%$  етанолу.

На рис. 4.2 представлені криві розгонки бензин А-92 з добавками етанолу, в таблиці 4.2 наведені результати визначення фізичних властивостей вказаних сумішей.

Як видно з таблиці 4.2, бензин А-92, взятий для досліджень, не відповідає ДСТУ по залишку в колбі і втратами при перегонці оскільки їх кількість перевищує допустимі норми в  $2,5$  рази. Саме цьому не була отримана температура кипіння  $90\%$  палива. Щодо температури википання  $50\%$ , то з додаванням етанолу прийомистість буде покращуватись. Так із добавкою  $10\%$  етанолу  $t_{50\%}$  знизилась із  $92$  до  $83\text{ }^{\circ}\text{C}$  або на  $9,8\%$ . При додаванні  $20\%$  етанолу зниження склало  $26\%$ .

Рисунок 4.2 – Криві розгонки бензину А-92 із добавками 10 і 20% етанолу

Таблиця 4.2 – Результати визначення фізичних властивостей бензину А-92 та його сумішей

Показник	ДСТУ	Варіанти		
		А-92	А-92 + 10% ет.	А-92 + 20% ет.
1	2	3	4	5
ФК, °С: поч. кипіння	не нижче 35	36	40	41
10%	не вище 70	58	51	54
50%	не вище 115	92	83	68
90%	не вище 180	–	–	–

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
кінець кипіння	не вище 195	149	142	150
Залишок в колбі, %	не більше 1,5	9	10,5	7,5
Залишок і втрати, %	не більше 4,0	10,5	12,5	9,5
Густина , кг/м <sup>3</sup> , при 20 °С	–	734	741,1	748,2

Густина суміші бензину з етанолом зростає в середньому на 7 кг/м<sup>3</sup> з додаванням 10%.

### 4.3 Визначення ФК та густини бензину А-95 в суміші з етанолом

Бензин А-95 виготовляють на основі бензину каталітичного риформінгу і каталітичного крекінгу з додаванням легкого бензину прямої перегонки. Октанове число бензину, визначеного по моторному методу, складає 89 одиниць, по дослідному методу – 95.

Октанове число бензину дорівнює відсотковому (за об'ємом) вмісту ізооктану в такій суміші з нормальним гептаном, яка рівноцінна за антидетонаційними властивостями даному паливу при стандартних умовах випробувань.

На рис. 4.3 представлені криві розгонки бензин А-95 з добавками етанолу, в таблиці 4.3 наведені результати визначення фізичних властивостей дослідних сумішей.

Бензин А-95, взятий для досліджень, відповідає ДСТУ. Температура перегонки 10 % бензину з добавкою етанолу нижча на 12,7% порівняно з чистим бензином, а це значить, що легше і швидше можна запустити двигун, оскільки більша кількість бензину надходить в циліндр у вигляді пари. Але низька температура  $t_{10\%}$  призведе на прогрітому двигуні, особливо в спеку, під капотом в системі живлення випаровування легкокиплячих вуглеводнів, які утворюють пари.

Рисунок 4.3 – Криві розгонки бензину А-95 із добавками 10 і 20% етанолу

Таблиця 4.3 – Результати визначення фізичних властивостей бензину А-95 та його сумішей

Показник	ДСТУ	Варіанти		
		А-95	А-95 + 10% ет.	А-95 + 20% ет.
1	2	3	4	5
ФК, °С: поч. кипіння	не нижче 35	38	37	37
10%	не вище 70	55	48	48
50%	не вище 115	75	63	63

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5
90%	не вище 180	124	124	122
кінець кипіння	не вище 195	142	138	149
Залишок в колбі, %	не більше 1,5	3,0	3,0	1,5
Залишок і втрати, %	не більше 4,0	3,5	3,5	2,0
Густина , кг/м <sup>3</sup> , при 20 °С	–	720	728,6	736,6

Щодо температури викіпання 50%, то з додаванням етанолу прийомистість буде покращуватись. Так із добавкою 10 і 20% етанолу  $t_{50\%}$  знизилась із 75 до 63 °С або на 16%.

Густина суміші бензину з етанолом зростає в середньому на 8 кг/м<sup>3</sup> з додаванням 10%.

#### 4.4 Визначення ФК та густини бензину А-98 в суміші з етанолом

Бензин А-98 (ОЧМ не менше 90) готують на основі бензину каталітичного риформінгу (платформінгу) жорсткого режиму з додаванням невеликої кількості легкого бензину (етильований варіант) і алкілату або алкілбензину (неетильований варіант). Він призначений для двигунів сучасних легкових автомобілів зі ступенем стиску 8...8,5.

На рис. 4.4 представлені криві розгонки бензин А-98 з добавками етанолу, в таблиці 4.4 наведені результати визначення фізичних властивостей даних сумішей.

Рисунок 4.4 – Криві розгонки бензину А-98 із добавками 10 і 20% етанолу

Таблиця 4.4 – Результати визначення фізичних властивостей бензину А-98 та його сумішей

Показник	ДСТУ	Варіанти		
		А-98	А-98 + 10% ет.	А-98 + 20% ет.
1	2	3	4	5
ФК, °С: поч. кипіння	не нижче 35	34	32	34
10%	не вище 70	52	48	48
50%	не вище 115	100	78	70
90%	не вище 180	–	–	–
кінець кипіння	не вище 195	151	153	152

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4	5
Залишок в колбі, %	не більше 1,5	12	9	9
Залишок і втрати, %	не більше 4,0	14,5	11,5	11,5
Густина , кг/м <sup>3</sup> , при 20 °С	–	747	754	760,2

Як видно з таблиці 4.4, бензин А-98, взятий для досліджень, не відповідає ДСТУ по залишку в колбі і втратами при перегонці оскільки їх кількість перевищує допустимі норми в 3 рази. Саме цьому не була отримана температура кипіння 90% палива.

Температура перегонки 10 % бензину з добавкою етанолу нижча на 7,7% порівняно з чистим бензином, а це значить, що легше і швидше можна запустити двигун, оскільки більша кількість бензину надходитиме в циліндр у вигляді пари. Але низька температура  $t_{10\%}$  призведе на прогрітому двигуні, особливо в спеку, під капотом в системі живлення випаровування легкокиплячих вуглеводнів, які утворюють пари.

Щодо температури викіпання 50%, то з додаванням етанолу прийомистість буде покращуватись. Так із добавкою 10% етанолу  $t_{50\%}$  знизилась із 100 до 78 °С або на 22%. При додаванні 20% етанолу зниження склало 30%.

Густина суміші бензину з етанолом зростає в середньому на 6,5 кг/м<sup>3</sup> з додаванням 10%.

## 5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРОБОК

### 5.1 Екологічна експертиза

Охорона навколишнього середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки та життя людини є невід'ємною складовою суспільного розвитку України. З цією метою Україна проводить на своїй території екологічну політику, спрямовану на збереження безпечного довкілля живої і неживої природи, захист життя і здоров'я населення від шкідливого впливу забруднення навколишнього природного середовища, охорону природних ресурсів і їх раціональне використання.

25 червня 1991 року Верховна Рада України прийняла Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Закон передбачає обов'язкову оцінку впливу на довкілля законодавчої, господарської, адміністративної та іншої діяльності, що впливає на довкілля, а також документування розробки нової техніки, технологій, матеріалів тощо.

Закон України «Про екологічну експертизу» був прийнятий Верховною Радою 9 лютого 1995 року.

Атмосфера завжди містить певну кількість забруднень з природних і антропогенних джерел.

Найбільш поширеними забруднювачами повітря є оксид вуглецю, оксид вуглецю CO, діоксид сірки SO<sub>2</sub>, оксид азоту NO та пил.

Сьогодні сільськогосподарські підприємства мають машинно-тракторний парк, який включає машинні майданчики та гаражі, обслуговується майстернями та автозаправними станціями. На місцях стоянки трактора з'являються масляні плями, які, випаровуючись, потрапляють у повітря. Джерелом забруднення повітря є топки котлів, що працюють на рідкому та газоподібному паливі. Продукти згоряння печей зазвичай викидаються в повітря через димоходи без спеціальної обробки. Концентрація пилу в повітрі досягає 2-7 мг/м<sup>3</sup>.

Основним джерелом забруднення повітря є техніка та трактори підприємства. Технічна служба сільськогосподарського підприємства стежить за дотриманням раціонального використання машин. За допомогою діагностичних засобів контролюють стан систем приводу та запалювання двигунів тракторів. Водночас моніторинг забруднення атмосфери здійснюють працівники ДАІ та Держтехнагляду, які мають газоаналізатори для визначення вмісту оксиду вуглецю у вихлопних газах.

Одним із найважливіших заходів захисту атмосфери від забруднення є широке використання систем і пристроїв пиловловлення. За сучасною класифікацією, яка базується на основних характеристиках процесу очищення, пиловловлювачі поділяються на чотири групи: сухі пиловловлювачі, мокрі пиловловлювачі, електрофільтри та фільтри. Різні типи пиловловлювачів, у тому числі електрофільтри, використовуються при високих концентраціях забруднюючих речовин у повітрі. Фільтри застосовуються для тонкого очищення повітря з концентрацією домішок не менше  $100 \text{ мг/м}^2$ . Якщо необхідна тонка очистка повітря з високими вихідними концентраціями домішок, то очищення здійснюється в системі послідовних комбінацій пиловловлювачів і фільтрів.

Для підвищення ефективності пиловловлювачів такої конструкції необхідно збільшити швидкість пропускання очищеного потоку в спіральному корпусі (що призводить до різкого збільшення гідравлічного опору пристрою) або зменшити радіус кривизни спіраль кожуха (що знижує його продуктивність). Ці машини забезпечують досить високу ефективність очищення повітря при зборі середніх і великих частинок пилу.

Основними причинами забруднення водних ресурсів (річок, водосховищ тощо) є забруднення ґрунту стічними водами, нафтопродуктами та пестицидами. Існує висока ймовірність потрапляння нафтопродуктів у воду, особливо при експлуатації та обслуговуванні машинно-тракторного парку, що негативно впливає на водо- та біологічне очищення стічних вод.

Розроблено систему заходів щодо запобігання забрудненню водойм. Стічні води очищаються на очисних спорудах. Ці очисні споруди являють собою

систему сіток і фільтруючих елементів, які зменшують кількість забруднюючих речовин у стічних водах.

Окремий склад паливно-мастильних матеріалів розташований в окремій будівлі, побудованій за типовою концепцією. Відпрацьовані паливно-мастильні матеріали збираються на автозаправних станціях для автомобілів і тракторів, зливаються в закриту тару і періодично відправляються на регіональний склад нафтопродуктів для переробки.

Операцією заборонено мити транспортні засоби на берегах природних і штучних водойм, річок і каналів. Машинні майданчики обладнані мийками. Вони мають масляні фільтри для очищення стічних вод.

## **5.2 Охорона праці**

### **5.2.1 Значення охорони праці**

Охорона праці — це система правових, соціальних, економічних, технічних і організаційних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки, здоров'я та працездатності людей під час праці.

Основою політики України в галузі охорони праці є Закон «Про охорону праці», прийнятий 14 жовтня 1992 року та доопрацьований 21 листопада 2002 року.

У даній магістерській роботі розглядається ефективність використання біоетанолу як альтернативного палива для двигунів. Тому всі теми, що розглядаються в цьому розділі, присвячені бензину та лабораторії, в якій він вивчається.

### **5.2.2 Вимоги безпеки при роботі з автомобільними бензинами**

Клас небезпеки бензину автомобільного згідно ДСТУ 12.1.007:

- при вдиханні - 4 (слабонебезпечні речовини);

- при проковтуванні - 4 (слабко небезпечні речовини);
- при нанесенні на шкіру - 4 (слабко небезпечні речовини),

Автомобільний бензин має слабку інгаляційну дію, викликає незначне подразнення очей і шкіри людини, має легку алергічну дію та має слабкі кумулятивні властивості (кумулятивний коефіцієнт 4,9). Бензин має наркотичну дію на організм.

Температура samozаймання автомобільного бензину становить 300 °C для літнього і 310 °C для зимового.

Клас безпеки та характеристики пожежної безпеки визначаються при виготовленні палива.

Гранично допустима концентрація парів палива в повітрі робочої зони становить 300 мг/м<sup>3</sup>.

У разі контакту з паливом

- на шкірі - витерти засіб серветкою, промити забруднене місце водою з милом;
- на слизову оболонку очей - негайно промити великою кількістю води;
- в шлунок - викликати блювоту, промити шлунок і доставити потерпілого до лікувального закладу.

При роботі з паливом повітря робочої зони контролюють на наявність пари аліфатичних граничних вуглеводнів C1-C10, в розрахунку на вуглець (ГДК = 300 мг/м<sup>3</sup> згідно ДСТУ 12.1.005).

Відповідно до ДСТУ 12.1.044 паливо (паливо зимове для тепловозів і суднових дизелів і газових турбін, паливо літнє та зимове для дизельних двигунів загального призначення) легкозаймиста рідина; Дизельне паливо (літнє паливо для тепловозів і суднових дизелів і газових турбін) – легкозаймиста рідина.

Температурні межі розповсюдження полум'я для палива: класи: Літо - нижня 69 °C, верхня 119 °C; Зима - нижня 82°C, верхня 105 °C.

Вибухонебезпечна концентрація парів палива, змішаних з повітрям, становить 2-3 об'ємні відсотки.

При виникненні пожежі автомобільного бензину застосовують такі засоби гасіння: водорозпилену піну, порошкові вогнегасники класів В та АВС (універсальні). При об'ємній пожежі вуглекислий газ, порошкові та аерозольні вогнегасні речовини класу В і АВС.

У разі розливу палива в приміщенні його необхідно зібрати в окрему ємність, протерти місце розлиття сухою ганчіркою, помістити в спеціальний металевий ящик і спалити відповідно до вимог СанПіН №3183.

При виникненні аварійного розливу палива на об'єкті слід використовувати протигази класу А та БКФ згідно з ДСТУ 12.4.121.

У разі витоку пального на відкритій місцевості майданчик необхідно засипати піском з подальшою утилізацією на звалище відповідно до вимог СанПіН №3183.

Паливо, що прийшло в непридатність, використовується як добавка до котельного палива.

При роботі з паливом необхідно використовувати засоби індивідуального захисту, передбачені галузевими стандартами та затверджені в установленому порядку: костюми захисні згідно з ДСТУ 12.4.112 або ДСТУ 12.4.111, черевики згідно з ДСТУ 1.2. 4.137, рукавички згідно ДСТУ 12.4 .010, окуляри захисні типу ЗН згідно ДСТУ 12.4.013, фартухи згідно ДСТУ. 12.4.029.

Приміщення, в яких здійснюється робота з паливом, повинні бути обладнані системами припливно-витяжної вентиляції згідно СНіП 2.04.05 і ДСТУ 12.4.021, системами водопостачання і каналізації згідно СНіП 2.04.01, штучного освітлення згідно СНіП Н-4- 79, опалення згідно СНіП 2.04 .05 та питна вода згідно ДСТУ 2874.

На в'їзді на об'єкт необхідно вивішувати попереджувальні знаки безпеки згідно з ДСТУ 12.4.026.

На складах ПММ забороняється зберігати кислоти, кисневі балони та інші окислювачі.

Все обладнання та засоби зв'язку повинні бути захищені від статичної електрики захисними пристроями згідно з ДСТУ 12.4.124.

У приміщеннях, де проводяться технологічні роботи з паливами, забороняється працювати з відкритим вогнем.

Відкриваючи контейнери, не використовуйте інструменти, які утворюють іскру при ударі.

З метою уникнення забруднення атмосферного повітря робочих місць необхідно забезпечити герметичність ємностей, приладів, комунікацій і пробовідбірних пристроїв відповідно до СанПіН No 1042, затвердженого в установленому порядку.

Персонал, який працює з паливом, повинен проходити первинний та регулярний медичний огляд відповідно до Положення про порядок медичного огляду працівників певних категорій, затвердженого наказом МОЗ України від 31.03.94 № 45.

### **5.2.3 Аналіз умов виникнення і розвитку аварій в лабораторії по дослідженню палив**

Щоб ідентифікувати небезпечні предмети, такі категорії речовин класифікуються як небезпечні речовини на основі їхніх властивостей:

1. Легкозаймисті рідини - рідини з температурою спалаху 61 градус С або менше у закритому тиглі або з температурою спалаху не більше 66 °С у відкритому тиглі (горючі рідини згідно з ДСТУ 12.1.044-89);

2. Горючі рідини, перегріті під тиском - легкозаймисті рідини згідно з ДСТУ 12.1.044-89, які знаходяться в апаратах, резервуарах або трубопроводах під тиском при температурі, що перевищує температуру кипіння при атмосферному тиску в 1,25 раза і більше.

Якщо рідина є сумішшю легкозаймистих рідин, то температура кипіння при атмосферному тиску дорівнює температурі кипіння половини маси рідини. Якщо інформація про цю температуру відсутня, точка кипіння - це температура, при якій суміш починає кипіти (фракція).

За розрахункову температуру приймають максимальну температуру, зазначену в нормативних документах, робочих інструкціях або інших технічних документах.

Схема створення сценаріїв виникнення та розвитку аварій в лабораторії дослідження ПММ наведена на рис. 5.1.

Розробка технічних заходів щодо забезпечення безпечної експлуатації потенційно небезпечних ситуацій, захисту виробничого персоналу та населення при виникненні аварій та надзвичайних ситуацій представлена в таблиці 5.1.

Рисунок 5.1 – Схема побудови сценаріїв виникнення й розвитку аварій в лабораторії по дослідженню паливно-мастильних матеріалів

Таблиця 5.1 – Типова схема постадійного аналізу умов виникнення і розвитку аварій

Найменування стадії розвитку аварійної ситуації (аварії)	Основні принципи аналізу умов виникнення (переходу на іншу стадію) аварійної ситуації (аварії) та її наслідків	Способи і засоби попередження, локалізації аварії
1	2	3
Утворення вибухонебезпечного середовища в апараті (установка для визначення ФК)	Аналіз вибухопожежонебезпечних властивостей речовин під тиском і при температурі технологічних процесів; оцінка можливості й умов утворення вибухонебезпечного середовища	Флегматизація вибухонебезпечної технологічної суміші інертними газами, введення інгібіторів; зміна складу технологічного середовища, температури і тиску процесу, способу введення реагентів до апарата
Наявність джерел запалювання в апаратурі та поза устаткув. (установка для визначення температури спалаху)	Аналіз вибухопожежонебезпечних характеристик речовин під тиском і при температурі технологічних процесів; оцінка можливості й умов утворення джерел запалювання в середині апаратів	Скорочення часу перебування технологічного середовища в апараті, заземлення устаткування, застосування засобів відводу й нейтралізації статичної електрики
Вибух в апаратурі (установка для визначення ФК)	Наявність постійних і випадкових джерел запалювання та їх характеристики у порівнянні з температурою самозаймання й мінімальною енергією запалювання. Наявність вибухонебезпечної суміші	Виключення джерел запалювання, застосування засобів контролю і регулювання щодо запобігання утворенню вибухонебезпечної суміші
Зруйнування апаратури (установка для визначення ФК)	Аналіз кількісних енергетичних характеристик вибуху (надшкочовий тиск, швидкість наростання тиску) й порівняння їх із характеристиками міцності апаратури. Наявність засобів захисту устаткування від зруйнування при вибуху (запобіжні клапани, вибухові мембрани, відсікачі і т. ін.)	Оснащення запобіжними пристроями, автоматичними системами придушення вибуху, підвищення характеристик міцності апаратури

1	2	3
Викид продукту з апаратури (установка для визначення температури спалаху)	Визначення маси викинутого продукту, його складу, агрегатного стану, фізико-хімічних, вибухонебезпечних і токсичних властивостей. Перевірка стану міжблочних засобів, які перекривають надходження в апаратуру прямих і зворотних потоків технологічного середовища та теплоносіїв; їх відповідність вимогам нормативних документів; перевірка швидкодії вимикальних засобів; перевірка навичок обслуговуючого персоналу щодо приведення в дію блокувальних засобів. Оцінка можливості виникнення вибухонебезпечних паро-, пило-газоповітряних сумішей, розміру площі розливу рідини	Блокування аварійної апаратури, обмеження площі розливу рідкої фази та її відведення в закриті системи, злив рідкої фази з апаратури в аварійну ємність. Скидання газової фази на факел (закрити систему, установку нейтралізації). Виведення людей з небезпечної зони
Розгерметизація апаратури (установка для визначення ФК)	Перевірка відповідності устаткування, трубопроводів, запірної арматури, запобіжних і ущільнюючих пристроїв і т. ін. вимогам нормативів (проекту, регламентам); оцінка технічного стану апаратури (якість зварних з'єднань, складання роз'ємних з'єднань, ступінь зносу і т. ін.); оцінка порядку й повноти діагностичного контролю, ефективності планово-запобіжних ремонтів і т. ін.	Розвиток бази діагностування і дефектоскопії устаткування; вдосконалення системи планово-запобіжного ремонту, заміна морально застарілого, зношеного й не відповідного нормативам устаткування
Виникнення пожежі (лабораторія по дослідженню паливно-мастільних матеріалів)	Оцінка й аналіз: можливих масштабів пожежі (площа, кількість горючих продуктів, склад продуктів згорання, в т. ч. неповного); наявності й ефективності засобів гасіння пожежі; вміння персоналу діяти при ліквідації осередку займання, оперативності й оснащення ДПЧ; наявності і характеристик джерел запалювання	Виключення джерел запалювання, оснащення ефективними засобами гасіння пожежі, засобами сигналізації і зв'язку, дії персоналу і спецпідрозділів щодо рятування людей, гасіння пожежі
Перегрів устаткування з ЛЗР, ГР і зрідженими газами при пожежі з наст. вибухом	Наявність ємкісного устаткування з горючими продуктами в зоні можливого поширення пожежі (розлив продуктів). Наявність і ефективність систем аварійного спорожнення та скиду на факел (свічу), систем зрошення (охолодження), екранів і т. ін.	Винос ємкісного устаткування з зони можливого поширення пожежі. Оснащення його засобами аварійного спорожнення, скидання на факел, системами зрошення (охолодження); встановлення екранів і т. ін.

## 5.2.4 Алгоритм виявлення, оцінки та зменшення ризиків виникнення небезпечних ситуацій на виробництві

Ризик небезпечної ситуації - це сукупність впливу, тяжкості наслідків і ймовірності виникнення конкретної небезпечної ситуації в процесі виробничої діяльності.

1. Виявлення можливості виникнення небезпечних ситуацій для працівників під час виробничої діяльності з урахуванням варіантів їх дій.

Порядок передбачає комплексну перевірку технологічного процесу з точки зору безпеки та нешкідливості для працівників з урахуванням усіх аспектів, відображених у структурі нормативних документів з охорони праці, а також виявлення шкідливих і небезпечних виробничих факторів, властивих виробничому середовищу та може призвести до небезпечної події.

2. Визначення ступеня основного ризику виникнення небезпечних ситуацій.

Ступінь основного ризику небезпечної ситуації визначається за такою формулою:

$$P = V \times H \times I_B, \quad (5.1)$$

де:  $P$  – ступінь ризику;

$V$  – важкість і можливі наслідки небезпечної події;

$H$  – можливість нараження на небезпеку;

$I_B$  – імовірність виникнення небезпечної події.

Умовна імовірність виникнення небезпечної події ( $I_B$ ) у числовому відтворенні визначається шляхом експертної оцінки за таблицею 4.2. Експертна оцінка здійснюється групою призначених фахівців.

Таблиця 5.2 – Умовна імовірність виникнення небезпечної події (I<sub>B</sub>)

Імовірність	Коментарі
5 – майже напевно	Подія, що спостерігається регулярно. Подія, що трапляється в більшості випадків.
4 – досить імовірно	Подія, що спостерігається періодично.
3 – імовірно	Подія, що трапляється інколи.
2 – малоімовірно	Подія, що спостерігається рідко.
1 – майже неймовірно	Подія, що трапляється лише при винятковому збігу обставин.

Важкість і можливі наслідки небезпечної події (B) у числовому відтворенні визначаються за таблицею 4.3.

Таблиця 5.3 – Важкість і можливі наслідки небезпечної події (B)

Важкість небезпечної події		Можливі наслідки
5 – катастрофічна	Груповий нещасний випадок (постраждало 2 і більше працівників); нещасний випадок із смертельними наслідками; аварія; пожежа	Розслідування державними органами влади. Кримінальна відповідальність. Штрафні санкції України. Зупинка робіт. Анулювання ліцензії на вид діяльності.
4 – суттєва	Важкий нещасний випадок (тимчасова непрацездатність більше 60 днів). Профзахворювання. Інцидент, возгоряння.	Розслідування державними органами влади. Кримінальна відповідальність. Штрафні санкції згідно КпАП. Можлива призупинка робіт.
3 – незначна	Серйозне поранення, хвороба з тимчасовою втратою працездатності протягом до 60 днів. Інцидент, возгоряння.	Розслідування державними органами влади. Штрафні санкції згідно КпАП. Можлива призупинка робіт.
2 – мінімальна	Травма без втрати працездатності, потреба у стаціонарній медичній допомозі, надання легшої роботи. Інцидент, возгоряння.	Внутрішнє розслідування. Адміністративна відповідальність. Штрафні санкції згідно КпАП.
1 – несуттєва	Несуттєва травма (поріз, забиття), надана первинна медична допомога.	Дисциплінарна відповідальність.

Можливість нараження на небезпеку (H) визначається за таблицею 5.4.

Таблиця 5.4 – Можливість нараження на небезпеку (Н)

Числове значення	Характеристика
3	Постійна можливість нараження на небезпеку (щоденна, щозмінна)
2	Рідка можливість нараження на небезпеку (один раз на місяць, квартал)
1	Мінімальна (один чи декілька разів на рік)

Підставляємо виділені дані у формулу (5.1).

$$P = B \times H \times I_b = 2 \times 4 \times 2 = 16 \text{ – ступінь ризику середній (10-24)}$$

Отже, план заходів потребує урахування коментарів, наведених у таблиці 4.5.

Таблиця 5.5 – План заходів

Ступінь ризику P	Коментарі
1	2
Екстремальний (55-75)	Потребує невідкладних дій вищого керівництва із обов'язковим складанням плану заходів та призначенням відповідальних осіб. При необхідності – призупинка ведення робіт.
Високий (25-54)	Потребує уваги вищого керівництва. Терміново проінформувати працівників та їх безпосередніх керівників, керівника відповідного підрозділу та начальника служби охорони праці. Вжити заходи по забезпеченню безпеки працівників.
Середній (10-24)	Проінформувати працівників та безпосередніх керівників, керівника відповідного підрозділу та начальника служби охорони праці. Вжити заходи щодо зменшення ризику.
Низький (1-9)	Здійснюється управління шляхом виконання існуючих процедур. Звичайно не потребує додаткових ресурсів. Проінформувати керівника підрозділу та начальника служби охорони праці по закінченні робіт по визначенню ступеню ризику.

Для покращення стану охорони праці в лабораторії необхідно провести ряд заходів, зокрема:

- розробити нові та переглянути застарілі інструкції по охороні праці;

- дотримуватись потрібної періодичності та обсягів інструктажів по техніці безпеки;
- забезпечити куточки з охорони парці наочними засобами;
- проводити навчання та атестування дослідників з охорони праці та ін.

### **5.3 Техніко-економічне обґрунтування досліджень**

Характерною особливістю українського ринку нафтопродуктів є посилення впливу компаній-монополістів, які видобувають і постачають нафту на українські НПЗ. Це створило ситуацію, коли питання об'єднання джерел постачання сировини нафти на НПЗ неможливо вирішити. Фактично український ринок нафти та нафтопродуктів повністю контролюють кілька компаній.

Тому актуальним є питання організації власного виробництва палива з використанням різних видів присадок до палива, таких як: В. біоетанол стає все більш важливим. Економічний ефект від використання біоетанолу полягає в зниженні витрат на паливо, які в усьому світі знижуються. Виробництво біоетанолу за різними технологіями передбачає певні енерговитрати (5-6 м природного газу та 2,2-23 кВт електроенергії на 1 дал біоетанолу), тому витрати необхідно скорочувати, що підвищує конкурентоспроможність продукції та Рентабельність виробництва визначена [5].

Одним із основних факторів витрат у виробництві біоетанолу є сировина, яка становить близько 60% і залежить від цін на сировину на ринку. З цієї точки зору важливо визначити економічну доцільність використання різних видів енергетично багатих культур для переробки для промислового виробництва біоетанолу.

До енергетично привабливих належать рослини, описані в розділі 1.

У таблиці 4.6 наведено частку витрат на сировину у собівартості виробництва біоетанолу.

Таблиця 5.6 – Порівняння вартості сировини в собівартості біоетанолу найбільш потужних його виробників

Стаття витрат	Кукурудза, США	Пшениця, Німеччина	Цукровий буряк, Німеччина	Цукрова тростина Бразилія
Сировина: євро/дм <sup>3</sup>	0,209	0,277	0,351	0,098
% до собівартості	53	50,5	58,9	67,7
Собівартість, євро/дм <sup>3</sup>	0,395	0,55	0,596	0,145
Супутні продукти	-0,067	-0,068	-0,072	-
Дотації	-0,079	-	-	-
Нетто собівартість, євро/дм <sup>3</sup>	0,249	0,482	0,524	0,149

Побічними продуктами є суха зернова барда, як корм для худоби, при переробці кукурудзи і пшениці та жому; біогаз при переробленні цукрового буряку.

Наведені в табл. 5.7, 5.8 розрахунки показують, що найменша посівна площа для виробництва 1 тонни біоетанолу потрібна при вирощуванні зеленої маси цукрового сорго - 0,14 га, а найбільша площа - для зернових культур, тому продуктивність 1 гектара площі зменшується від 4500 л до 1005 л біоетанолу.

Вартість сировини в собівартості біоетанолу змінюється наступним чином: цукровий буряк - зернові - зелена маса цукрового сорго - кукурудза - меляса.

Найменша собівартість біоетанолу досягається при його виробництві з меляси, і складає 0,43 € за один л. Поліпшити цей показник можливо за рахунок більш повної переробки всіх видів сировини та одержання побічних продуктів.

Потреба українського ринку в нафтопродуктах оцінюється на рівні 5,5 млн. тонн бензину та 6,5 млн. тонн дизельного палива [24, 25].

Таблиця 5.7 – Технологічна оцінка сировини для виробництва біоетанолу в Україні

Культура	Середня урожайність, т/га	Вихід біоетанолу з однієї тонни сировини, л	Необхідно сировини для виробництва однієї тонни біоетанолу, т	Необхідна посівна площа для виробництва однієї тонни біоетанолу, га	Продуктивність одного гектара площі за біоетанолом, л
Зернові колосові	2,7	372	3,4	1,24	1005
Кукурудза	5,0	399	3,1	0,63	1995
Цукровий буряк	35	88,4	14,1	0,42	3094
Зелена маса цукрового сорго	80	113,7	11,0	0,14	4550
Мелюса бурякова	-	303	4,1	-	-
Картопля	18	100,4	12,0	0,66	1807

Таблиця 5.8 – Розрахунок собівартості сировини в одній тонні біоетанолу

Культура	Ціна 1 т сировини, грн.	Вихід біоетанолу з 1 т сировини, т	Вартість сировини в 1 т біоетанолу, грн.	Вартість сировини в 1 л біоетанолу, грн.	Повна собівартість біоетанолу з урахуванням перероблення	
					грн./т	грн./л
Зернові колосові	1900	0,3	6460	5,17	9911	7,92/0,70 €
Кукурудза	1650	0,32	5115	4,09	9362	7,49/0,66 €
Цукровий буряк	480	0,08	6768	5,41	9813	7,85/0,68 €
Зелена маса цукрового сорго	480	0,09	5280	4,22	76562	6,12/0,54 €
Мелюса бурякова	1000	0,24	4100	3,28	6150	4,92/0,43 €
Картопля	1323,5	0,08	15876	12,7	22226	17,78/1,55 €

Таким чином, для виробництва біоетанолу в Україні є велика сировинна база, відповідні технології її переробки для стабільного і потужного розвитку.

## ВИСНОВКИ

1. У зв'язку зі зменшенням природних запасів нафти та значним зростанням вартості традиційних видів палива надзвичайно важливим є розширення використання біопалива з відновлюваної рослинної сировини, особливо біоетанолу. Аналіз підтвердив перспективність використання бензину з добавками біоетанолу для двигунів з іскровим запалюванням.

2. Із-за високої теплоти випаровування етанол характеризується поганими пусковими властивостями. Температура початку кипіння складає  $74^{\circ}\text{C}$ , тоді як для бензинів ця температура складає  $35^{\circ}\text{C}$ . Водночас прийомистість з етанолом буде краща, оскільки температура википання 50% менша ніж у бензинів.

3. Бензин А-92, взятий для досліджень, не відповідає ДСТУ по залишку в колбі і втратами при перегонці оскільки їх кількість перевищує допустимі норми в 2,5 рази. Саме цьому не була отримана температура кипіння 90% палива. Щодо температури википання 50%, то з додаванням етанолу прийомистість буде покращуватись. Так із добавкою 10% етанолу  $t_{50\%}$  знизилась із 92 до  $83^{\circ}\text{C}$  або на 9,8%. При додаванні 20% етанолу зниження склало 26%. Густина суміші бензину з етанолом зростає в середньому на  $7\text{ кг/м}^3$  з додаванням 10%.

4. Бензин А-95, взятий для досліджень, відповідає ДСТУ. Температура перегонки 10 % бензину з добавкою етанолу нижча на 12,7% порівняно з чистим бензином, а це значить, що легше і швидше можна запустити двигун, оскільки більша кількість бензину надходитиме в циліндр у вигляді пари. Але низька температура  $t_{10\%}$  призведе на прогрітому двигуні, особливо в спеку, під капотом в системі живлення випаровування легкокиплячих вуглеводнів, які утворюють пари. Щодо температури википання 50%, то з додаванням етанолу прийомистість буде покращуватись. Так із добавкою 10 і 20% етанолу  $t_{50\%}$  знизилась із 75 до  $63^{\circ}\text{C}$  або на 16%. Густина суміші бензину з етанолом зростає в середньому на  $8\text{ кг/м}^3$  з додаванням 10%.

5. Бензин А-98, взятий для досліджень, не відповідає ДСТУ по залишку в колбі і втратами при перегонці оскільки їх кількість перевищує допустимі норми в 3 рази. Саме цьому не була отримана температура кипіння 90% палива.

Температура перегонки 10 % бензину з добавкою етанолу нижча на 7,7% порівняно з чистим бензином, а це значить, що легше і швидше можна запустити двигун, оскільки більша кількість бензину надходить в циліндр у вигляді пари. Але низька температура  $t_{10\%}$  призведе на прогрітому двигуні, особливо в спеку, під капотом в системі живлення випаровування легкокиплячих вуглеводнів, які утворюють пари. Щодо температури викіпання 50%, то з додаванням етанолу прийомистість буде покращуватись. Так із добавкою 10% етанолу  $t_{50\%}$  знизилась із 100 до 78 °С або на 22%. При додаванні 20% етанолу зниження склало 30%. Густина суміші бензину з етанолом зростає в середньому на 6,5 кг/м<sup>3</sup> з додаванням 10%.