

# Організація виробництва паливного етанолу в агропромисловому комплексі України (частина I)

*С.В. Іванов, доктор хімічних наук, професор, ректор, Національний університет харчових технологій  
П.Л. Шиян, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства, декан факультету бродильних, консервних і цукрових виробництв, Національний університет харчових технологій*

*Організація виробництва паливного біоетанолу є для України перспективним напрямом для зменшення енергетичної залежності від постачальників нафти та природного газу. В Національному університеті харчових технологій розроблені енергозберігаюча технологія та обладнання для виробництва паливного етанолу безпосередньо з цукрового буряку та напівпродуктів цукрового виробництва.*

*Ключові слова: біоетанол, біоконверсія, дифузійний сік, меляса, напівпродукти цукрового виробництва.*

*Организация производства топливного биоэтанола является для Украины перспективным направлением для уменьшения энергетической зависимости от поставщиков нефти и природного газа. В Национальном университете пищевых технологий разработаны энергосберегающая технология и оборудование для производства топливного этанола непосредственно из сахарной свеклы и полупродуктов сахарного производства.*

*Ключевые слова: биоэтанол, биоконверсия, диффузионный сок, меласса, полупродукты сахарного производства.*

*Organization of production of fuel bioethanol is for Ukraine perspective direction for reduction of power dependence on the suppliers of oil and natural gas. In the National university of food technologies energy-saving technology and equipment are worked out for the production of fuel ethanol directly from a sugar beet and intermediate product of saccharine production.*

*Keywords: bioethanol, bioconversion, diffusive juice, molasses, intermediate product of saccharine production.*

**Постановка проблеми.** Питання забезпечення енергоносіями для будь-якої країни світу, в тому числі для України, відноситься до сфери національної безпеки.

З початку першої енергетичної кризи (1973 рік) ведеться інтенсивний пошук альтернативних джерел енергії. Тому в сучасних умовах необхідна диверсифікація джерел енергії, перехід на використання таких її форм, які доступні на регіональному рівні. У зв'язку з обмеженими світовими запасами нафти та газу найбільшу увагу необхідно зосередити на поновлювальних формах енергії.

Друга енергетична криза (січень 2009 р.) визначила фактичний монополізм Росії на газовому ринку Європи. Таке стано-

вище висунуло на перший план питання енергетичної незалежності як основної стратегічної мети України.

Питання пошуку альтернативних джерел енергії є першорядною проблемою і етиловий спирт, отриманий біоконверсією поновлювальної рослинної сировини, розглядається як одне з альтернативних джерел енергії.

Етанол із біомаси, що застосовується як паливо, називають паливним етанолом або біоетанолом. Організація виробництва паливного біоетанолу є для України перспективним напрямом для зменшення енергетичної залежності від постачальників нафти та природного газу.

В Указі Президента України «Про стан виконання рішень

Ради національної безпеки і оборони України з питань енергетичної безпеки» від 02.08.2000р. № 678/2007 зроблено наголос на забезпеченні конкурентоспроможності альтернативних джерел енергії за рахунок науково-технічного оновлення виробництва, впровадження інноваційних енерго- та ресурсозберігаючих технологій, а також комплексної переробки сировини та зменшення відходів виробництва.

Основним завданням при організації широкомасштабного виробництва біоетанолу є забезпечення його конкурентоспроможності в порівнянні з органічними енергоносіями.

На **рис. 1** наведено технологічні аспекти виробництва паливного етанолу.

ПАЛИВНИЙ ЕТАНОЛ

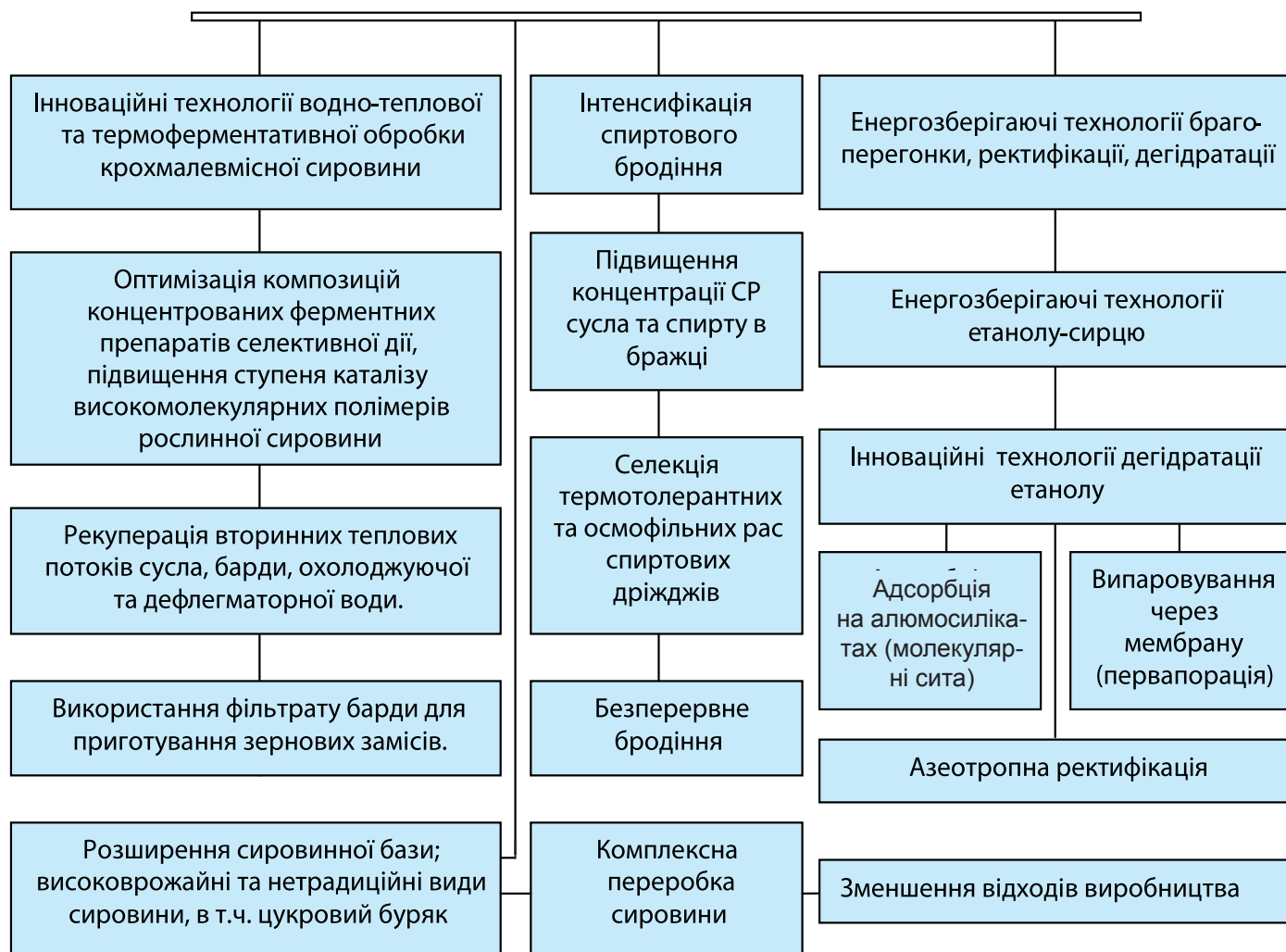


Рис. 1. Технологічні аспекти виробництва паливного етанолу

**Постановка завдання.** Організація виробництва паливного етанолу потребує стабільного ринку сировинних ресурсів та відповідних інноваційних технологій.

Із збільшенням виробництва паливного етанолу збільшується попит на фуражне зерно для його виробництва, зменшуються засівні площі під продовольче зерно, що створює його дефіцит і загалом підвищує вартість зернових. Тому перспективною сировиною для виробництва біоетанолу є традиційна для України культура – цукровий буряк, а також напівпродукти цукрового виробництва.

**Виклад основного матеріалу.** В Національному університеті харчових технологій розроблені енергозберігаюча технологія та обладнання для виробництва паливного етанолу без-

посередньо з цукрового буряку. Виробництво біопалива з цукрового буряку не потребує солову або ферментних препаратів, частка яких в собівартості досягає 5%.

Етанол з цукрового буряку має високий вміст органічних сполук, які підвищують октанове число та запобігають розшаруванню бензоспиртових сумішей, потребує на 10-15% менше енергоносіїв, ніж з зернової сировини.

При виробничій потужності цукрового заводу 3000 тонн коренеплодів отримують відповідно 3300-3600 м<sup>3</sup> дифузійного соку. Частину отриманого соку можна переробляти за існуючою технологічною схемою на цукор, а решту – для отримання біоетанолу. Враховуючи наявність на цукровому заводі ТЕЦ, жомосушильного відділення та

станції очищення стічних вод, первинні інвестиції у виробництво паливного етанолу за таких умов будуть меншими, ніж налагодження аналогічного виробництва на спиртовому заводі.

Для підвищення потужності по виробництву біоетанолу до дифузійного соку можна додавати отримувану на заводі мелясу та деяку кількість першого відтоку утфелю першого та другого продукту, а це зумовить підвищення якості цукру-піску внаслідок вилучення частини нецукрів з технологічного процесу продуктового відділення цукрового заводу.

Для розширення використання етилового спирту як енергоносія, а також сировини для промисловості органічного синтезу та побутової хімії постановою Кабінету Міністрів України від 4 липня 2000 року

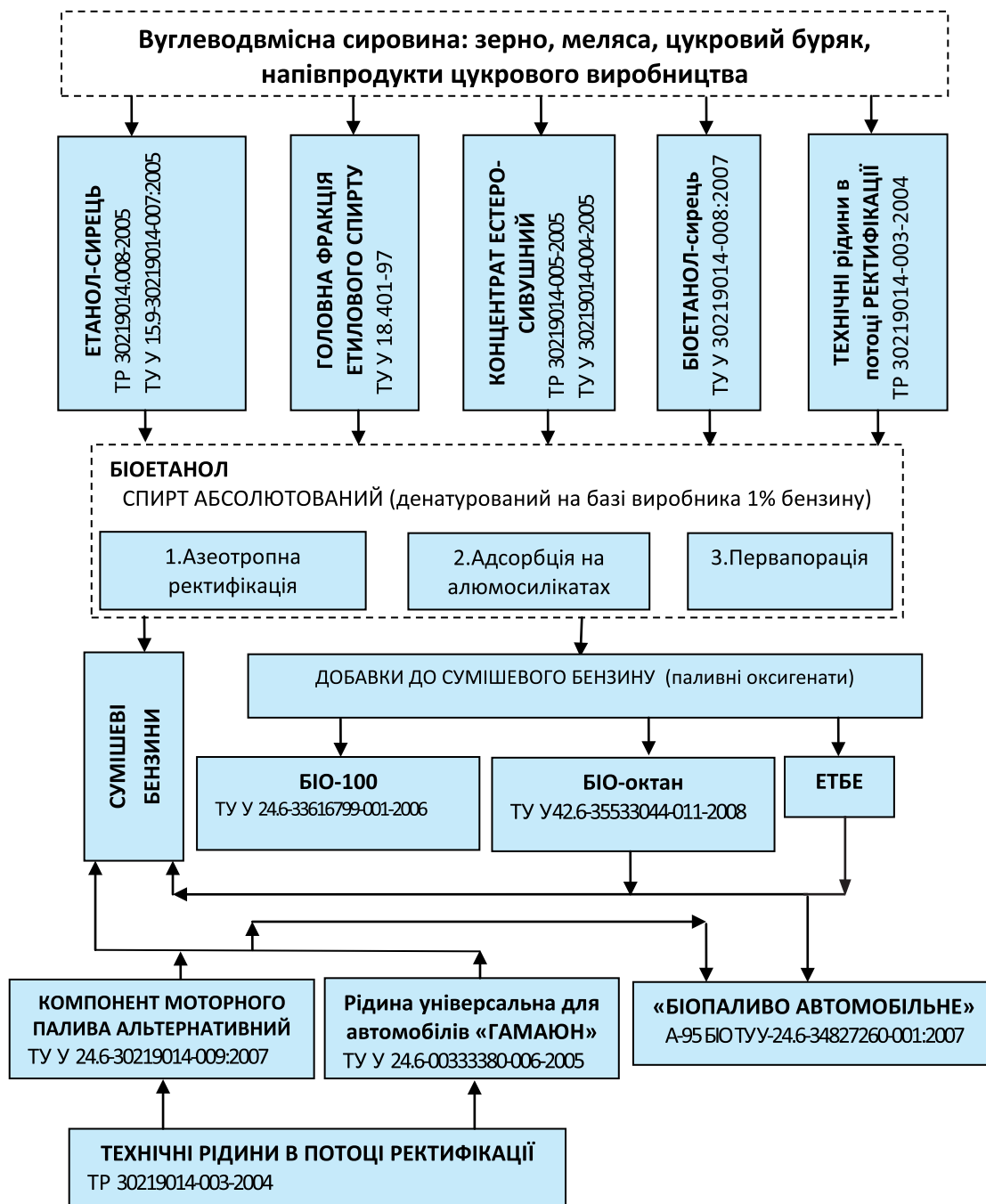


Рис. 2. Схема виробництва біоетанолу та паливних оксигенатів

№1044 було затверджено програму «Етанол».

Співробітниками НУХТ разом з НВ ТОВ «Інтермаш» в рамках виконання цієї програми розроблена технологія та нормативно-технічна документація виробництва паливних оксигенатів на основі біоетанолу.

На рис. 2 наведена схема виробництва біоетанолу та паливних оксигенатів на його основі.

Стратегія виробництва біоетанолу передбачає три шляхи або концепції.

**I концепція** - Організація виробництва на великих спир-

тових заводах потужністю 15000 дал або 150 тонн і більше на добу.

**II концепція** - Організація виробництва біоетанолу-сирцю з подальшою його переробкою на спеціалізованих підприємствах, які мають установки з абсолютування (дегідратації) спирту.

**III концепція** - Підприємства, які виробляють паливний етанол з вуглеводвмісної сировини, тобто мають замкнений цикл від сировини до абсолютованого спирту, а також мають вільні потуж-

ності для дегідратації спирту.

Перший шлях потребує будівництва нових потужних підприємств. При цьому для забезпечення конкурентоспроможності основного кінцевого продукту - біоетанолу - необхідно застосовувати так звану технологію «вологою» помелу зерна. При переробці 1 тонни кукурудзи отримують: 28 кг олії, 241 кг глютенного корму, 47 кг глютенної муки, 580 кг крохмалю, з якого отримують 38,5 дал біоетанолу.

За цією технологією аналітична підтримка виробництва,

його документування, маркетинг, логістика значно складніша, ніж за традиційною технологією. А велика кількість післяспиртової барди вимагає обов'язкової її утилізації без погіршення екологічного стану в регіоні.

Друга концепція дозволяє невеликим та середнім спиртовим та цукровим заводам включатися до реалізації програми з виробництва біоетанолу шляхом переходу на виробництво біоетанолу-сирцю.

При цьому необхідні мінімальні інвестиції. Післяспиртова барда залишається в регіоні як кормова база для худоби фермерських господарств, зберігаються робочі місця та соціальна інфраструктура, а виробництво біоетанолу здійснюється на базових підприємствах, які мають цехи по дегідратації етанолу, але на сьогодні не врегульовано законодавство передачі підакцизного продукту з одного підприємства до іншого.

Третя концепція передбачає організацію виробництва біоетанолу як з вуглеводвмісної сировини, так і з біоетанолу-сирцю. Це - найбільш гнучка схема. За цією схемою може бути організовано виробництво

біоетанолу на цукрових заводах.

Забезпечення конкурентоспроможності паливного етанолу по відношенню до інших джерел енергії потребує впровадження інноваційних енергетичних ресурсозберігаючих технологій на всіх стадіях виробництва.

Біосинтез етанолу з рослинної сировини є енергоємним виробництвом. Для забезпечення його конкурентоспроможності по відношенню до інших енергоносіїв необхідно розробляти і впроваджувати інтенсивні енергозберігаючі заходи.

Для визначення напрямків енергозбереження були проаналізовані основні технологічні стадії виробництва біоетанолу з напівпродуктів та відходів цукрового виробництва та зернової сировини (таблиця 1).

Що стосується виробництва біоетанолу безпосередньо з цукрових буряків, то ця технологія передбачає додаткові стадії – подрібнення коренеплодів та їх водно-теплову та ферментативну обробку. При цьому загальні енерговитрати наближаються до витрат при переробці зерна.

В НУХТ протягом останніх років проводяться роботи по

створенню інноваційних енергетичних ресурсозберігаючих технологій біоетанолу з цукрових буряків та напівпродуктів цукрового виробництва. Разом з Інститутом продовольчих ресурсів УААН проводяться роботи по створенню гнучкої технології виробництва цукру, яка передбачає використання напівпродуктів для виробництва біоетанолу.

Була запропонована технологія напівдифузійної обробки коренеплодів, визначені оптимальна експозиція, гідромодуль та температура. Для запобігання закисання бражки підібрані оптимальні антисептики для забезпечення бактеріальної чистоти спиртового бродіння.

Розроблені заходи, які дозволяють підвищити концентрацію спирту в бражках на 4-6%, що відповідно зменшують витрати енергоносіїв на брагоперегонку.

На рис. 3 наведена принципова апаратурна схема водно-теплової обробки цукрового буряку та приготування затору.

В проблемній науководослідній лабораторії НУХТ проведена селекція осмо- та термотолерантної раси спиртових дріжджів, які забезпечують інтенсивне зброджування ви-

Таблиця 1

№ п/п	Технологічні стадії		Енерговитрати, кДж/дал	
	Крохмалевмісна	Сировина		Крохмалевмісна
Напівпродукти цукрового виробництва				
1	Кондиціонування та подрібнення	Кондиціонування	6700	2300
2	Приготування замісу	Приготування розсиропки	9100	5600
3	Розварювання та термоферментативна обробка сировини	-	33900	-
4	Гідроліз низькомолекулярних полімерів до зброджуваних цукрів	-	4500	-
5	Дріжджогенерування		6700	9040
6	Біоконверсія вуглеводів в біоетанол		4300	3800
7	Вилучення та концентрування органічних складових бражки з отриманням доазеотропного етанолу (біоетанол-сирець)		90400	85800
8	Дегідратація біоетанолу-сирцю		22600	22600
<b>Разом:</b>			<b>178200</b>	<b>129140</b>

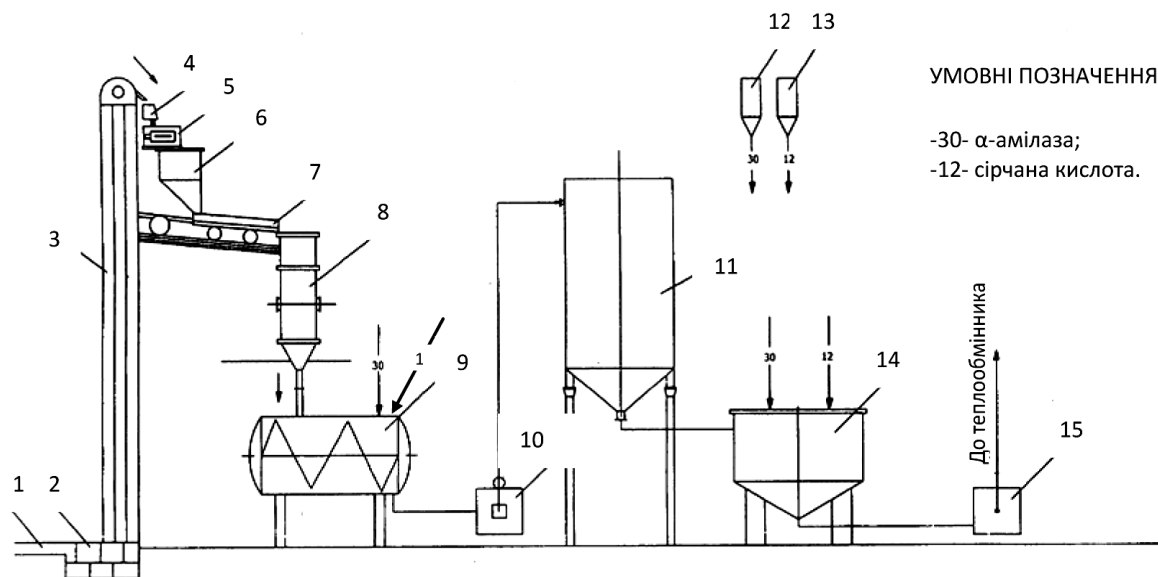


Рис. 3. Принципова технологічна схема водно-теплової підготовки затору із цукрового буряка.

1. Гідравлічний транспортер. 2. Бурякомийка. 3. Елеватор. 4. Дискава бурякорізка. 5. Ваги. 6. Бункер. 7. Каретка живильна. 8. Молоткова дробарка. 9. Змішувач. 10. Плунжерний насос. 11. Витримувач. 12. Збірник ФП. 13. Збірник сірчаної кислоти. 14. Збірник затору. 15. Плунжерний насос.

сококонцентрованих заторів з цукрового буряку та напівпродуктів цукрового виробництва і дозволяють підвищити концентрацію спирту в бражках до 14...16 % об.

При зброджуванні сусл тільки з цукрових буряків та дифузійного соку отримують спиртові бражки з низькою концентрацією спирту 4...6 % об., це вимагає збільшення робочого об'єму бродильної батареї та додаткових витрат енергоносіїв на стадії брагоперегонки.

Тому доцільно підвищувати концентрацію спирту в бражці за рахунок зброджування змісу та дифузійного соку в суміші із більш висококонцентрованими за цукром напівпродуктами цукрового виробництва – зеленою патокою, клерсом, утфелем, мелясою тощо.

Враховуючи те, що цукрове виробництво має сезонний характер, при організації виробництва спирту на цукрових заводах доцільно передбачити сумісну переробку цукровмісної та зернової сировини, що, в свою чергу, допоможе розв'язанню проблеми утилізації післяспиртової барди.

### Висновки

1. Організація широкомасштабного виробництва паливних оксигенатів з сільськогосподарської сировини збільшує попит на фуражне зерно, створює його дефіцит та підвищує собівартість біоетанолу, тому перспективною сировиною для його виробництва є традиційна для України культура – цукровий буряк та напівпродукти цукрового виробництва.

2. В Національному університеті харчових технологій теоретично обґрунтована та розроблена інноваційна ресурсо- та енергозберігаюча технологія біоконверсії цукрового буряку та напівпродуктів цукрового виробництва в паливний біоетанол, яка забезпечена необхідною нормативно-технічною документацією.

### Список використаних джерел

1. Технологічний регламент виробництва компоненту моторного палива альтернативного (КМПА) в умовах Узинського цукрового комбінату, Київ, НУХТ, 2012 р. 159 с.

2. Технологічний регламент виробництва технічних рідин та компоненту моторного палива альтернативного в умовах ТОВ «ХІМАКС», Київ, НУХТ, 2012 р. 197 с.

3. Технологічний регламент виробництва компоненту моторного палива альтернативного (КМПА) в умовах ДП «Червоненський завод продтоварів», Київ, НУХТ, 2012 р. 143 с.

4. Шиян П.Л. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: Монографія. / П.Л. Шиян, В.В. Сосницький, С.Т. Олійнічук. – К.: Видавничий дім «Асканія», 2009. – 424 с.

5. Патент 30901U Україна, МПК C10L 1/18. Компонент моторного палива альтернативний (КМПА) / Шиян П.Л., Олійнічук С.Т., Сосницький В.В. та ін. - № u200714658; Заявл. 25.12.2007; Опубл. 11.03.2008, Бюл. № 5.

6. Патент 28479U Україна, МПК C10L 1/18. Рідина універсальна «Гамаюн» для автомобілів / Шиян П.Л., Олійнічук С.Т., Сосницький В.В. та ін. № u 200709040; Заявл. 06.08.2007; Опубл. 10.12.2007, Бюл. № 20.