



Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції Processing and storage of agricultural products

УДК 631.3; 519.71

Впровадження АСУТП цукрового виробництва в Україні: екологічні аспекти

С.О. Ляшенко¹, А.М. Фесенко¹, О.С. Ляшенко², В.В. Юрченко³

¹Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка,

²Харківський національний університет радіоелектроніки,

³Харківська державна зооветеринарна академія (м. Харків, Україна)

У статті розглядається питання впливу на довкілля підприємств з виробництва цукру. Відповідно до сучасних вимог, ефективність роботи підприємства має визначатися не лише з міркувань собівартості кінцевої продукції, а комплексною стратегічною оцінкою енергоефективності технологічного процесу та мінімізації впливу на довкілля. Важливим рушієм розвитку сучасних технологій є розробка саме таких підходів, які направлені на зменшення використання сировини, води та енергії, що, в свою чергу, мінімізує кількість утворених відходів і вплив на навколишнє середовище. Забезпечення більш повного і продуктивного використання електроенергії, природного газу чи вугілля, прісної води можливе шляхом впровадження ефективних АСУТП цукрових заводів України.

Встановлено, що основними складовими впливу на довкілля підприємств цукрової галузі є викиди в атмосферу в результаті використання викопного палива та зберігання на полігонах жому. При цьому утворюються як токсичні речовини (монооксид Карбону, оксиди Нітрогену, Сульфур та тверді частки), так і парникові гази, що спричиняють зміни клімату (вуглекислий газ, оксид Нітрогену і метан). Скиди цукрових заводів у водні об'єкти небезпечні високим вмістом органіки (за БПК) і можуть призводити до евтрофікації водойм. Комплексний вплив на водні об'єкти, ґрунти та якість повітря також посилюється в результаті зберігання жому як відходу виробництва цукру на полігонах без подальшої переробки (сушіння, гранулювання, біогазового перетворення).

З метою екологічного обґрунтування удосконалення автоматизованих систем цукрового виробництва проведено визначення обсягів утворення парникових газів у результаті використання електроенергії, виробленої єдиною енергосистемою України, природного газу, декарбонізації вапняку та зберігання жому. Встановлено, що впровадження ефективних систем автоматизації технологічних процесів цукрового виробництва здатне скоротити споживання природного газу (до 17%) та електроенергії (близько 4%) і суттєво зменшити обсяги утворення вуглекислого газу та метану, основних парникових газів. Визначено приблизний розмір зменшення екологічного податку підприємства (в європейських цінах) у результаті вдосконалення системи автоматизації виробництва, доповненого модернізацією переробки жому.

Ключові слова: автоматизовані системи управління (АСУ), цукрове виробництво, оцінка впливу на довкілля, енергоресурси, питоми викиди в атмосферу, парникові гази.

Вступ. Україна поступово стає невід'ємною частиною єдиного світового простору. І особливо відчутно цей процес відбувається в рамках вирішення глобальних екологічних проблем. Підписання і ратифікація парламентом України Паризької угоди щодо протидії змінам клімату наприкінці 2015 року змушує нашу країну активніше впроваджувати заходи з підвищення енергоефективності виробництва з метою зменшення викидів парникових газів та формувати систему моніторингу цих викидів.

Ключовим етапом реалізації Паризької угоди є постійний контроль і мінімізація викидів парникових газів у межах виробничих циклів і об'єктів теплоенергетики [1]. Тому еколого-економічна оцінка основних галузей економіки може розглядатися як важливий елемент державної політики України та вибору стратегії її розвитку на майбутнє [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед галузей агропромислового комплексу, що можуть створювати суттєвий вплив на довкілля, особливу увагу варто приділити виробництву

цукру. Тренд останніх двох років показує, що виробництво цукру залишається на сталому рівні (2,0-2,05 млн. т.), не дивлячись на деяке скорочення посівних площ цукрового буряку через зниження ціни на цукор на світовому ринку та пізні заморозки навесні 2017 року [3,4]. Підприємства з виробництва цукру є потужними споживачами теплової і електроенергії, води та джерелом утворення відходів біологічного походження.

Конкуренція у цій сфері виробництва потребує удосконалення вітчизняного цукрового виробництва. А підвищити ефективність виробництва можна, максимально збільшуючи вихід якісної продукції і одночасно економлячи енергоресурси та підвищуючи рівень безпеки і надійності технологічних процесів.

З метою підвищення ефективності виробничих процесів, в яких використовуються сучасні засоби автоматизації, необхідно удосконалювати АСУТП, що базуються на використанні мікропроцесорної техніки і реалізують інтелектуальні і комп'ютерно-інтегровані системи управління [5].

Цукрові заводи, як правило, характеризуються наявністю розрізнених, обмежених і різнорідних автоматизованих і інформаційних систем (АСУТП, лабораторні системи, системи обліку енергоносіїв тощо). Таким чином, основними цілями впровадження єдиної інформаційної системи підприємства можуть бути наступні:

1. забезпечення більш якісного проведення технологічних процесів вилучення цукру з буряка за рахунок покращення рівня інформатизації та автоматизації цукрового виробництва [6];

2. скорочення втрат і реалізація існуючих резервів виробництва як результат використання сучасних засобів АСУТП та забезпечення більш повного і оперативного контролю різних підрозділів цукрового заводу [7];

3. зниження енергоспоживання цукрового заводу за рахунок поетапного впровадження системи контролю та обліку електроенергії, оперативного аналізу та планування споживання [8];

4. підвищення загального рівня ефективності управління цукровим заводом в результаті інтеграції рівнів АСУТП, якісного і повного представлення інформації для всіх, хто приймає рішення.

Усі ці аспекти є важливими чинниками не лише інтенсифікації, а й екологізації виробництва цукру.

У даний час в Україні не сформована комплексна система державних вимог щодо скорочення використання енергоресурсів шляхом впровадження заходів з енергозбереження у цукровій галузі. Розробка та здійснення заходів повністю залежить від ініціативи і рішень, прийнятих керівництвом підприємств та компаній цукрового виробництва, а також на основі їх фінансового становища. Але діючий механізм формування розміру екологічних податків за викиди в атмосферу, скиди

у водні об'єкти та розміщення твердих відходів можна розглядати як початковий щабель державної системи примусу до мінімізації впливу виробничих об'єктів на довкілля. У той же час, заходи з модернізації обладнання, спрямовані на скорочення використання енергетичних ресурсів, відповідають пріоритетам, встановленим Урядом в Енергетичній стратегії України на період до 2030 року, що була затверджена у березні 2006 року.

Закон України № 2059-VIII Про оцінку впливу на довкілля, прийнятий 23 травня 2017 року, відносить цукрові заводи до другої категорії видів планованої діяльності та об'єктів, які можуть мати значний вплив на довкілля та підлягають процедурі Оцінки впливу на довкілля. Проведення такої оцінки має на меті не лише відслідковування можливих екологічних наслідків діяльності, а й розробку системи заходів щодо мінімізації впливу на довкілля [9].

Метою роботи є визначення загального підходу щодо оцінки екологічної ефективності впровадження АСУ і модернізації цукрових виробництв в Україні.

Головна частина. Цукрове виробництво може створювати негативний вплив:

- на атмосферне повітря через викиди шкідливих речовин (оксиди Нітрогену NOx, оксиди Сульфору SOx, монооксид Карбону CO, тверді частки тощо) та парникових газів (вуглекислий газ CO₂, метан CH₄, оксид Нітрогену N₂O);

- на водні об'єкти шляхом скидів стічних вод з високим рівнем БПК (біохімічного поглинання кисню);

- на ґрунт, водні джерела і повітря в результаті утворення твердих відходів виробництва з високим вмістом органічних сполук.

Важливим елементом формування виваженої екологічної політики виробництва є заходи щодо мінімізації виділення парникових газів. Їх утворення в умовах цукрового виробництва передусім пов'язане з процесами використання викопних видів палива для високотемпературних виробничих процесів та зберіганням жому.

Процес виробництва цукру супроводжується використанням значних обсягів енергоресурсів для таких відділень заводу як дифузія, виварювання, випарювання соку та кристалізація цукру. Виробничі потужності цукрових заводів можуть забезпечуватися трьома типами енергоресурсів:

- Електрична енергія;
- Природний газ;
- Вугілля.

Також, при виробництві цукру використовується вапняк, процес декарбонізації якого призводить до викидів CO₂.

Жом – це побічний продукт вироблення цукру. Існуючі на заводах системи обробки жому дозволяють виробляти лише сирий жом, вологість якого перевищує 80%. Це не дозволяє перевезти його на значні відстані, що ускладнює продаж жому віддаленим сільськогосподарським підприємствам. Основна частина виробленого на заводах жому проходить період зберігання в жомових ямах з подальшим вивезенням на полігони, де внаслідок гниття виділяється полігонний газ, до складу якого входить метан, а він є парниковим газом [10].

Використання найновіших технологій, які були розроблені провідними європейськими та вітчизняними виробниками, призводить до значно ефективнішої переробки цукрових буряків і жому. Впровадження цих технологій підвищує енергоефективність переробки цукрових буряків, жому та виробництва цукру відповідно до європейських стандартів. Удосконалення системи управління виробничим процесом в результаті впровадження АСУ сприяє підвищенню продуктивності та більш повному використанню сировини і енергії [7,8].

Згідно з Українським законодавством, власники підприємств, на яких впроваджуються проекти нового будівництва, реконструкції та технічного переоснащення промислових та цивільних об'єктів, повинні пройти процедуру Оцінки Впливу на Навколишнє Середовище (ОВНС) та інформувати населення про її результати (Державні Будівельні Норми України А.2.2-1-2003, п. 1.6).

Ефективність інженерних заходів, спрямованих на економію / зменшення потреби в споживанні природного газу, вугілля, електроенергії та вапняку, усуненні необхідності вивезення жому на полігони, а також зниження необхідності декарбонізації вапняку шляхом покращення чистоти соку, повинна бути пов'язана з отриманням максимального виходу якісного цукру. Економія електроенергії і тепла безпосередньо співвідноситься зі зменшенням потреби у споживанні палива установками ТЕЦ та зменшенні кількості електричної енергії [9]. Підвищення ефективності використання енергоресурсів шляхом оптимізації теплових схем на заводах дозволить зменшити споживання палива на ТЕЦ. Скорочення викидів парникових газів можливе внаслідок усунення необхідності вивезення жому на полігони, а також завдяки впровадженню систем більш глибокого віджиму, сушки та систем його грануляції.

Економічна ефективність заходів розраховується на основі кумулятивної економії природного газу, вугілля та електричної енергії на одну тону перероблених буряків та зменшення викидів парникових газів, пов'язаних з вивезенням жому на полігони. Скорочення обсягів споживання природного газу, вугілля та електричної

енергії, усунення необхідності вивезення жому на полігони здійснюється за рахунок наступних заходів з модернізації:

- встановлення більш досконалих автоматизованих систем управління;
- заміна існуючого обладнання на більш сучасне та енергоефективне;
- зміни в теплових і технологічних схемах, спрямовані на ефективне використання вторинних теплових ресурсів;
- встановлення більш досконалих систем переробки жому (віджим, сушка, грануляція);
- впровадження біогазових установок.

Проекти модернізації цукрових заводів мають забезпечити скорочення викидів:

- діоксиду вуглецю від спалювання природного газу;
- діоксиду вуглецю від спалювання вугілля;
- діоксиду вуглецю, пов'язаних зі споживанням електричної енергії із енергосистеми України;
- розкладання вапняку в рамках процесу декарбонізації;
- метану, спричинених розкладанням жому на полігонах.

Процеси, що задіяні у викидах парникових газів на цукрових заводах України, представлені на рис.1.

Суцільною лінією показано зони впровадження заходів у межах роботи підприємства.

Оцінка була здійснена на основі усереднених даних виробничих показників Кириківського цукрового заводу (табл. 1).

Викиди парникових газів, пов'язані зі споживанням електричної енергії, розраховані згідно з підходом, описаним в Інструменті для розрахунку базових, проектних витоків та / або викидів внаслідок споживання електроенергії [12]. Обсяги виділення вуглекислого газу в результаті використання електроенергії знаходять з виразу

$$BE_{ELEC,y,i} = EC_{BJ,y,i} \cdot EF_{CO_2,ELEC,y}, \quad (1)$$

де $BE_{ELEC,y,i}$ – викиди парникових газів за базовим сценарієм, пов'язані зі споживанням електричної енергії в рік у заводом i , тCO₂e; $EC_{BJ,y,i}$ – кількість електричної енергії, спожитої з ОЕС України в рік у цукровим заводом i , МВт·год; $EF_{CO_2,ELEC,y}$ – коефіцієнт непрямих викидів парникових газів при споживанні електричної енергії з ОЕС України в рік y , тCO₂e/МВт·год; i – позначення заводу, для якого виконується розрахунок; y – рік, для якого проводяться розрахунки.

Кількість спожитої електричної енергії $EC_{BL,y,i}$ для розрахунку (1) визначається наступним чином

$$EC_{BL,y,i} = P_{y,i} \cdot \frac{SPB_{BL,y}}{SPB_{y,i}} \cdot \frac{EC_{BL,y}}{P_{BL,y}}, \quad (2)$$

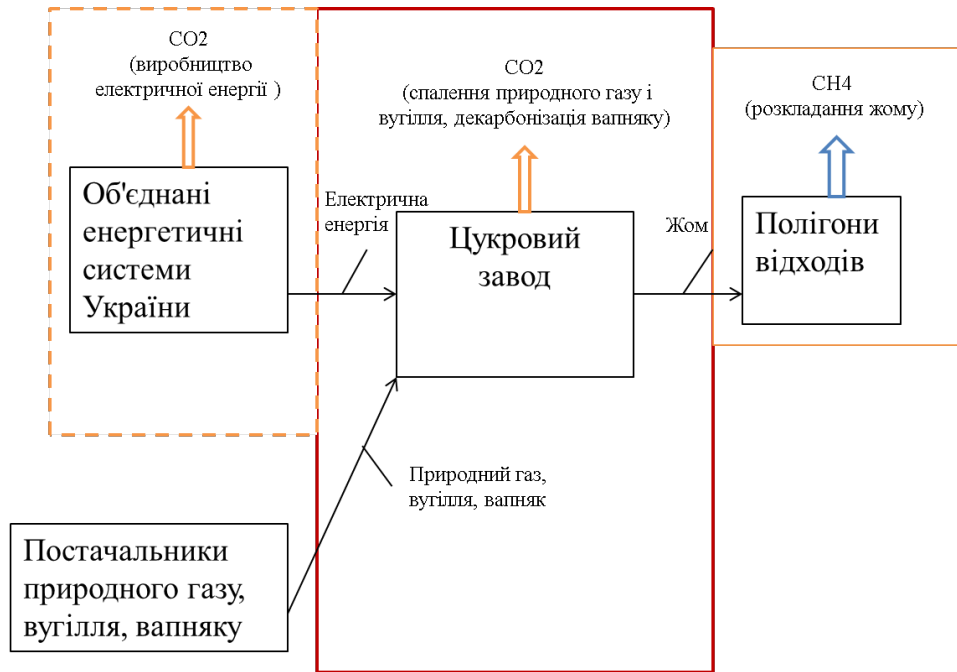


Рис. 1. Процеси та об'єкти цукрового виробництва, що беруть участь у формуванні парникових газів

Таблиця 1. Усереднені виробничі показники роботи цукрового заводу [9]

Показник	Усереднене значення показника	
	Базові характеристики	За умови автоматизації та модернізації виробництва
Продуктивність заводу, т/добу	1800	1800
Коефіцієнт заводу, %	75,99	83,6
Номинальна потужність, МВт	2,5	2,5
Питома витрата електроенергії на переробку буряка, кВт·год/т	35,6	29,0
Загальна кількість електричної енергії, спожитої з ОЕС України, МВт·год	4,745	3,865
Витрата природного газу, тис. м ³ /добу	100	93
Питома витрата природного газу, м ³ /т буряка	62,5	51,2
Цукристість, %	16,61	16,61
Тривалість роботи, діб/рік	74,05	74,05
Вихід цукру, % до маси цукру, що надійшов на завод	66,67	76,90
Витрата вапняку, т/100 т буряка	6,8	6,12
Витрата вапна, % до маси буряка	2,50	2,25
Утворення жому, т/добу	2448	2448
Частка жому, передана на реалізацію чи на переробку на біогаз, %	4,5	100,0

де $EC_{BL,y,i}$ – кількість електричної енергії, спожитої за базовим сценарієм у рік у заводом i , МВт·год; $P_{y,i}$ – обсяги виробництва цукру цукровим заводом i за рік y , т; $P_{BL,y}$ – середні обсяги виробництва цукру цукровим заводом i в базовий період, т; $EC_{BL,y}$ – середня кількість спожитої електричної енергії з ОЕС України цукровим заводом i в базовому періоді, МВт·год; $SPB_{BL,y}$ – середня

цукристість буряків, перероблених цукровим заводом i в базовому періоді, %; $SPB_{y,i}$ – цукристість буряків, перероблених в рік y на заводі i , %.

Коефіцієнт непрямих викидів парникових газів при споживанні електричної енергії з ОЕС України $EF_{CO_2,ELEC,y}$ відповідно до Наказу №75 Національного агентства екологічних інвестицій від 12.05.2011 для споживачів електричної енергії 2

класу становить 1,227 тСО₂е/МВт·год. Таким чином, користуючись формулами (1) - (2), отримуємо зменшення викидів СО₂ при використанні електричної енергії $\Delta BE_{ELEC,y,i} = 5823,3 - 4742,9 = 1080,4$ тСО₂е.

Викиди парникових газів, пов'язані зі споживанням природного газу, розраховані згідно з підходом, описаним у документі Інструмент для розрахунку проектних викидів або витоків СО₂ від спалювання викопного палива [13]. Обсяги вуглекислого газу визначаємо з формули

$$BE_{NG,y,i} = FC_{BJ,NJ,y,i} \cdot NCV_{NG,y,i} \cdot EF_{CO_2,NG} - EOUT_{y,i} \cdot CEF_{CO_2,ELEC,y,i} \quad (3)$$

де $BE_{NG,y,i}$ – викиди парникових газів, пов'язані зі спаленням природного газу в рік y заводом i , тСО₂е; $FC_{BJ,NJ,y,i}$ – кількість природного газу, спаленого в рік y заводом i , тис.м³; $NCV_{NG,y,i}$ – нижча теплотворна здатність природного газу, спаленого в рік y заводом i , ГДж/тис.м³; $EF_{CO_2,NG}$ – коефіцієнт викидів парникових газів для природного газу, тСО₂е/ГДж; $EOUT_{y,i}$ – кількість електричної енергії, відпущеної споживачам на сторону в рік y заводом i , МВт·год; $CEF_{CO_2,ELEC,y,i}$ – коефіцієнт викидів парникових газів, пов'язаних з виробництвом електричної енергії цукровим заводом i в рік y , т СО₂е/МВт·год.

Кількість спожитого природного газу $FC_{BJ,NJ,y,i}$ визначається відповідно до виразу

$$FC_{BJ,NJ,y,i} = \frac{P_{y,i} \cdot SPB_{BL,y}}{P_{By,i} \cdot SPB_{y,i}} \cdot (FC_{BL,NG,i} - \frac{EOUT_{BL,y} \cdot CEF_{CO_2,ELEC,BL,i}}{NCV_{NG,BL,i} \cdot EF_{CO_2,NG}}) \quad (4)$$

де $FC_{BJ,NJ,y,i}$ – кількість природного газу, спаленого за базовим сценарієм в рік y заводом i , тис. м³; $P_{y,i}$ – обсяги виробництва цукру цукровим заводом i за рік y , т; $P_{By,i}$ – середні обсяги виробництва цукру цукровим заводом i в базовий період, т; $FC_{BL,NG,i}$ – середня кількість спаленого природного газу цукровим заводом i в базовий період, тис.м³; $SPB_{BL,y}$ – середня цукристість буряків, перероблених цукровим заводом i в базовому періоді, %; $SPB_{y,i}$ – цукристість буряків, перероблених в рік y на заводі i , %; $NCV_{NG,BL,i}$ – середньозважена нижча теплотворна здатність природного газу, спаленого в базовий період на цукровому заводі i , ГДж/тис.м³; $EF_{CO_2,NG}$ – коефіцієнт викидів парникових газів для природного газу, тСО₂е/ГДж; $EOUT_{BL,y}$ – середня кількість електричної енергії, відпущеної цукровим заводом i в базовому періоді стороннім споживачам, МВт·год; $CEF_{CO_2,ELEC,BL,i}$ – середньозважений коефіцієнт викидів парникових газів, пов'язаних з виробництвом електричної

енергії цукровим заводом i в базовому періоді, тСО₂/ МВт год.

Коефіцієнт викидів парникових газів для природного газу $EF_{CO_2,NG}$, дорівнює 0,056 тСО₂е/ГДж [13]. Електричну енергію для сторонніх споживачів завод не виробляє.

Відповідно, зменшення викидів вуглекислого газу при використанні природного газу для виробничих потреб за умови впровадження АСУТП складає: $\Delta BE_{NG,y,i} = 2842,45$ тСО₂е.

Використання інших видів викопного палива технологією не передбачено.

Викиди в результаті декарбонізації вапняку були розраховані на основі МГЕЗК, відповідно до розділу: Викиди гірничодобувної промисловості [14].

Метод розрахунку передбачає, що рівень декарбонізації, досягнутої під час спалювання вапняку становить 100%, у результаті чого частка декарбонізації для кожного карбонату (F_i) – 1,00. Метод передбачає також, що поправочний коефіцієнт, (F_d), на пил вапняної печі (LKD) встановлений на рівні 1,00; таким чином, корекція на недекарбонізований карбонат, що залишився в LKD, не враховується. Обсяги утвореного вуглекислого газу знаходимо відповідно до формули:

$$BE_{Calc,y,i} = P_{y,i} \cdot SLC_{BL,i} \cdot \frac{SPB_{BL,y}}{SPB_{y,i}} \quad (5)$$

де $BE_{Calc,y,i}$ – викиди парникових газів, пов'язані із декарбонізацією вапняку на заводі i в рік y , тСО₂е; $P_{y,i}$ – обсяги виробництва цукру цукровим заводом i за рік y , т; $SLC_{BL,i}$ – питомі викиди двоокису вуглецю від декарбонізації вапняку заводом i в базовий період, тСО₂е/т цукру; $SPB_{BL,y}$ – середня цукристість буряків, перероблених цукровим заводом i в базовому періоді, %; $SPB_{y,i}$ – цукристість буряків, перероблених в рік y на заводі i , %.

Питомі викиди двоокису вуглецю $SLC_{BL,i}$ визначаємо на основі даних про обсяги використання вапняку на заводі та вмісту у ньому основних інгредієнтів:

$$SLC_{BL,i} = \frac{LC_{BL,i} \cdot CaCO_{3BL,i} \cdot EF_{CaCO_3}}{P_{BL,i}} + \frac{LC_{BL,i} \cdot MgCO_{BL,i} \cdot EF_{MgCO_3}}{P_{BL,i}} \quad (6)$$

де $SLC_{BL,i}$ – питомі викиди двоокису вуглецю від декарбонізації вапняку заводом i в базовий період, тСО₂е /т цукру; EF_{CaCO_3} – коефіцієнт викидів двоокису вуглецю для CaCO₃, тСО₂е/тCaCO₃; $CaCO_{3BL,i}$ – середньозважений вміст CaCO₃ у вапняку, декарбонізованому в базовий період на заводі i ; $LC_{BL,i}$ – середня кількість вапняку, декарбонізованого за базовий період на заводі i , т; EF_{MgCO_3} – коефіцієнт викидів двоокису вуглецю

для $MgCO_3$, $tCO_2e/tMgCO_3$; $MgCO_{BL,i}$ – середньозважений вміст $MgCO_3$ у вапняку, декарбонізованому в базовий період на заводі i ; $P_{By,i}$ – середні обсяги виробництва цукру цукровим заводом i в базовий період, т; i – позначення заводу, для якого виконується розрахунок; y – рік, для якого проводяться розрахунки.

Для формули (6) коефіцієнти викидів $CaCO_3$ та $MgCO_3$ були прийняті на основі Керівництва МГЕЗК з національних інвентаризацій парникових газів 2006 року. Розраховане значення зменшення викидів двоокису вуглецю становить $\Delta BE_{Calc,y,i} = 481,94 tCO_2$.

Таким чином, очікуване зменшення використання природного газу в результаті ефективної автоматизації виробництва становить до 17% (табл. 1). Сумарне зменшення викидів вуглекислого газу в процесі підвищення енергоефективності складає 4404,79 tCO_2 .

Розрахунок викидів оксиду Нітрогену не проводився, бо викиди даного газу в повітря не є суттєвими [13].

Для розрахунку викидів парникових газів, пов'язаних з гниттям жому на полігонах, було використано типовий підхід, описаний в 1996 МГЕЗК [15]. Обсяги утворення метану визначаються з наступного виразу

$$BE_{CH_4,y,i} = \sum (MSW_{TPJ,y,i} \cdot MSW_{FPJ,y,i} \cdot MCF \times DOC \cdot DOC_F \cdot \frac{16}{12} - R_y) (1 - OX) \cdot GWP_{CH_4} \quad (7)$$

де $BE_{CH_4,y,i}$ – викиди парникових газів, пов'язані із утилізацією жому шляхом його вивезення на полігон заводом i в рік y , tCO_2e ; $MSW_{TPJ,y,i}$ – кількість жому, – частка жому, вивезеного на полігон заводом i в рік y ; MCF – коефіцієнт корекції потоку метану [16]; DOC – частка жому, що потенційно розкладається [16]; DOC_F – частка жому, що фактично розкладається [16]; F – частка CH_4 в газах, утворених на звалищах (типове значення 0,5) [16]; $\frac{16}{12}$ – коефіцієнт перерахунку вуглецю в метані; R_y – утилізований CH_4 в рік y , tCH_4 ; OX – коефіцієнт окислення, (зазвичай 0) [16]; GWP_{CH_4} – потенціал глобального потепління від метану, tCO_2e/tCH_4 ; (Відповідно до рішення РКЗК ООН та Кіотського протоколу) [15]; i – позначення заводу, для якого виконується розрахунок; y – рік, для якого проводяться розрахунки.

Відповідно до даної методики утилізація жому шляхом сушки, грануляції або метанового зброджування для отримання біогазу дає змогу зменшити викиди найпотужнішого парникового газу метану на $\Delta BE_{CH_4,y,i} = 66999,02 tCO_2e$.

Такі суттєві екологічні результати пов'язані з тим, що метан здатен утримувати набагато більше

тепла, ніж вуглекислий газ (потенціал глобального потепління від метану $GWP_{CH_4} = 21$) [15].

Перспективним бачиться впровадження біогазових установок на жомі. Даний захід спрямований як на утилізацію відходів, так і на підвищення енергоефективності заводів. Подальше використання біогазу для вироблення електричної енергії і тепла дозволить зменшити потреби заводів у паливі і електричній енергії, що, в свою чергу, дозволить зменшити викиди парникових газів.

Крім того, підвищення чистоти дифузійного соку призведе до зменшення потреби в очищенні шляхом використання вапняного молока, а це дозволить заводам знизити споживання вугілля і вапняку для виробництва очищувального агенту.

Додатково підвищенню енергоефективності і екологічності сприятиме виконання декількох менш значних технічних заходів, таких як поліпшення теплоізоляції, встановлення частотних перетворювачів, впровадження попереднього нагріву дифузійного соку шляхом використання менш енергоємних ресурсів, реконструкція та автоматизація теплоелектростанцій.

Завдяки економії палива, електроенергії та впровадженню екологічно виважених технологій переробки жому також зменшаться викиди токсичних SO_x , NO_x , CO та твердих часток (продукти згоряння).

На основі проведеного аналізу було виявлено наступні види можливого впливу виробництва цукру на довкілля:

1. Вплив на водне середовище. Існуючі технології по виробництву цукру передбачають скидання стічних вод із обов'язковим хімічним контролем. Скид стічних вод регулюється вимогами Водного Кодексу України, ГОСТу 28.74-82 «Правила гігієни та контроль якості», Постанови КМ, від 1996.09.11, № 1100 «Про Порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин та перелік забруднюючих речовин, скидання яких нормується».

Впровадження ефективних заходів автоматизації дозволить зменшити споживання води та в результаті – зменшити обсяг стічних вод.

2. Вплив на повітряне середовище. Впровадження заходів з автоматизації виробництва створює також позитивний вплив і на повітряне середовище шляхом:

- зменшення викидів NO_x , SO_x , CO та твердих часток завдяки використанню більш екологічно виважених технологій на підприємствах та економії викопних видів палива;

- зменшення викидів вуглекислого газу як основного чинника змін клімату в результаті зменшення використання енергоносіїв;

- зменшення викидів метану, високоефективного парникового газу, завдяки впровадженню екологічних технологій переробки жому.

3. Вплив на використання ґрунтів. Значного впливу на використання землі / ґрунтів не відмічено. Відповідне законодавство у сфері використання землекористування представлене Земельним Кодексом України, ДСТУ 46.075-2004 Якість ґрунтів. Сертифікація земель (ґрунтів) сільськогосподарського призначення. Основні положення; ДСТУ 4976:2008 Охорона навколишнього природного середовища. Комплекс стандартів у сфері охорони ґрунтів. Основні положення.

4. Вплив на біорізноманіття. Вплив на біорізноманіття відсутній.

5. Утворення відходів, їх переробка та поводження. Утворення відходів, їх переробка та поводження з відходами є важливим етапом екологічної політики. У процесі виробництва утворення відходів відбувається після демонтажу застарілого обладнання, труб та ін. Також утворюються будівельні відходи внаслідок демонтажу котлів та будівництва котельних та ін.

Збір, оброблення та передача на утилізацію відходів підприємства проводиться згідно з Законом України «Про відходи»; ДСТУ 2195 - 99 (ГОСТ 17.9.0.2 - 99) Охорона природи. Поводження з відходами. Технічний паспорт відходу. Склад, зміст, виклад і правила внесення змін; ДСТУ 3910 - 99 (ГОСТ 17.9.0.1 - 99) Охорона природи. Поводження з відходами. Класифікація відходів. Порядок найменування відходів за генетичним принципом і віднесення їх до класифікаційних категорій.

Кількісні показники щодо найбільш суттєвих впливів на навколишнє середовище згідно з Державними Будівельними Нормами України А.2.2-1-2003, наводяться в таких дозвільних документах:

- Дозвіл на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами;
- Дозвіл на скиди у водні об'єкти;
- Ліміти на утворення та розміщення відходів.

Для оцінки впливу на довкілля та використання енергоефективних технологій на цукрових підприємствах України необхідно мати наступну інформацію та проводити розрахунки по визначенню:

1. *Обсягу викидів парникових газів, пов'язаних зі споживанням електричної енергії цукровими заводами.*

Всі представлені величини визначаються на основі статистичних даних підприємства і загальноприйнятих показників викидів.

2. Порядок поводження з відходами.

Для організації та проведення роботи по управлінню відходами наказом закріплюються особи, відповідальні за управління відходами.

На кожний вид відходів складаються паспорти відходів. Відповідно до ДСТУ 2195 - 99 підприємства, установи, організації, а також фізичні особи – суб'єкти підприємницької діяльності, діяльність яких пов'язана з утворенням відходів та здійсненням операцій у сфері поводження з ними, зобов'язані визначати склад і властивості відходів, ступінь їх небезпечності для довкілля та здоров'я населення, виявляти і вести первинний поточний облік кількості, типу і складу цих відходів.

На кожному підприємстві паспортизації підлягають усі без винятку відходи, для яких встановлюють дозволи на здійснення операцій щодо поводження з ними (зокрема, на утворення та розміщення). До утилізації відходів залучують організації, які мають ліцензії на виконання даних робіт.

3. *Обсяги споживання енергоресурсів, виробництва цукру, обсяги декарбонізації вапняку та його склад.*

До необхідної інформації відносять: обсяги виробленого цукру, кількість спожитої електричної енергії з ОЕС України, кількість електричної енергії, відпущеної стороннім споживачам, кількість спаленого природного газу, кількість спаленого вугілля, цукристість перероблених буряків, кількість декарбонізованого вапняку, вміст CaCO_3 у декарбонізованому вапняку, вміст MgCO_3 у декарбонізованому вапняку.

Проведення такого аналізу впливу цукрового заводу на довкілля можна розглядати як один з етапів де матеріалізації виробництва та підвищення ефективності використання джерел енергії, що, в свою чергу, забезпечує не лише екологічність, а й економічну доцільність модернізації.

Більшість розвинених країн мають окремий вид податку на викиди парникових газів (carbon taxes). Податковий кодекс України також передбачає даний вид екологічного податку, хоча його загальна сума не може стимулювати ні енергоефективність, ні впровадження екологічних проєктів. Але якщо врахувати європейський досвід і оцінити зменшення сплати податку за викиди вуглекислого газу за середньоєвропейськими показниками (наприклад, у Франції ставка податку складає 22 €/1 т CO_2), то модернізація середнього цукрового заводу може мати ефект у вигляді економії на сплаті екологічного податку у сумі 1 572 тис. євро.

Висновки. Проведений аналіз показав, що впровадження ефективних автоматизованих систем управління роботою цукрового заводу здатне суттєво підвищити енергоефективність, що, в свою чергу, має суттєві екологічні переваги. Встановлено, що удосконалення АСУТП цукрового

виробництва за рахунок зменшення споживання електроенергії з ОЕС України, природного газу на технологічні потреби та декарбонізацію вапняку здатне зменшити викиди вуглекислого газу в межах 4400 тСО₂. Додаткове переобладнання виробництва, направлене на утилізацію жому шляхом сушки і гранулювання або біогазового бродиння, додатково знизить викиди метану в атмосферу протягом сезону роботи майже на 67 тис. тСО₂ та дає змогу зменшити розмір екологічного податку на 1572 тис. євро у середньоєвропейських цінах.

Впровадження сучасних енерго- і ресурсозберігаючих технологій є єдиним дієвим шляхом як для вирішення питань зниження собівартості продукції, більш повного використання сировини, ефективної організації робочого процесу, так і для зменшення впливу цих виробництв на довкілля.

Література

1. Паризька угода (Угоду ратифіковано Законом № 1469-VIII від 14.07.2016). [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/995_l61.

2. Юрченко В.В. Важность понимания проблемы «парникового эффекта» для профессиональной деятельности специалиста сельскохозяйственной сферы // Бюллетень научных работ. – Белгород: Издат-во БелГСХА, 2011. – Вып. 28. – С. 91 - 94.

3. Бутило Р.В. Поточному році виробництво цукру залишиться на рівні минулорічного. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukrugar.com/uk/post/nastupnogo-roku-virobnictvo-cukru-bude-na-rivni-minuloricnogo>.

4. Бутило Р. ТОП-10 найпотужніших цукрових заводів. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ukrsugar.com/uk/post/top-10-najpotuznih-sih-cukrovih-zavodi?sec=novini-ukraini>.

5. Белоусов В.Ю. Стратегия автоматизации производства сахара / В.Ю. Белоусов, А.Ф. Литвинов, О.А. Потапов, Ю.Н. Горчинский // Сахар. – 2002. – №1. – С. 40 - 42.

6. Индасофт. Автоматизация сахарного производства. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.indusoft.com.ua/industry/food/>.

7. Ляшенко С.О. Синтез нейросетевых подходов управления сложными динамическими процессами в сахарном производстве / Ляшенко С.О. // Вісник НТУ «ХПІ». – Збірник наукових праць. Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 61(1103). – С. 30 - 39.

8. Ляшенко С.О. Создание открытого программно-технического комплекса управления безопасными технологическими процессами в выпарном отделении сахарного завода / Ляшенко С.О.,

Ляшенко О.С., Фесенко А.М. // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка, вип. 156 «Механізація сільськогосподарського виробництва», Харків, 2015. – С. 593 - 602.

9. Fesenko A.M. Assessing the impact on air quality of agricultural enterprises / A.M. Fesenko, O.V. Pankova, R.A. Gutianskyi, M.G. Tsekhmeisteruk, V.V. Bezpalko // Engineering of nature management, #1 (5), 2016. – S.131 -135.

10. Здійснення комплексної технічної, технологічної модернізації підприємства з метою енергозбереження та впровадження системи утилізації органічних відходів виробництва цукру на ПрАТ «Райз-Максимко». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <chrome-extension://mhjfbmdgcfjbbpaeojofohoefgiehjai/index.html>.

11. Звіт про технічне дослідження ТОВ «Кириківський цукровий завод» відповідно до контракту 27.12 - 06 від 20.12.2016.

12. Інструмент для розрахунку базових, проектних витоків та/або викидів в наслідок споживання електроенергії (Tool to calculate baseline, project leakage and/or emissions from electricity consumption), Версії 01; [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-05-v1.pdf>.

13. Інструмент для розрахунку проектних викидів або витоків CO₂ від спалювання викопного палива (Tool to calculate project or leakage CO₂ emissions from fossil fuel combustion), Версії 02. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-03-v2.pdf>.

14. Керівництво МГЕЗК з національних інвентаризацій парникових газів 2006 року. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_2_Ch2_Mineral_Industry.pdf.

15. 1996 МГЕЗК Керівні принципи національних інвентаризацій парникових газів (1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories); [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6a.htm>.

16. 2006 МГЕЗК Керівні принципи національних інвентаризацій парникових газів (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories); [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf.

References

1. Paryzka uhoda (Uhodu ratyfikovano Zakonom № 1469-VIII vid 14.07.2016). [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/995_l61.

2. Yurchenko V.V. Vazhnost' ponimaniya problemy «parnikovogo ehffekta» dlya professional'noj

deyatelnosti specialista sel'skohozyajstvennoj sfery // Byulleten' nauchnyh rabot. – Belgorod: Izdat-vo BelGSKHA, 2011. – Vyp. 28. – S. 91 - 94.

3. Butylo R. V potochnomu rotsi vyrobnytstvo tsukru zalyshytsia na rivni mynulorichnoho. [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: <http://www.ukrsugar.com/uk/post/nastupnogo-roku-virobnictvo-cukru-bude-na-rivni-minulorichnoho>.

4. Butylo R. TOP-10 naipotuzhnishykh tsukrovyykh zavodiv. [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: <http://www.ukrsugar.com/uk/post/top-10-najpotuznisih-cukrovih-zavodi?sec=novini-ukraini>.

5. Belousov V.Yu. Strategiya avtomatizacii proizvodstva sahara / V.Yu. Belousov, A.F. Litvinov, O.A. Potapov, Yu.N. Gorchinskij // Sahar. – 2002. – №1. – S. 40 - 42.

6. Indasoft. Avtomatizaciya saharnogo proizvodstva. [Elektronnij resurs] – Rezhim dostupu: <https://www.indusoft.com.ua/industry/food/>.

7. Lyashenko S.O. Sintez nejrosetevykh podhodov upravleniya slozhnyimi dinamicheskimi procesami v saharnom proizvodstve / Lyashenko S.O. // Visnik NTU «HPI». – Zbirnik naukovih prac'. Seriya: Sistemnij analiz, upravlinnya ta informacijni tekhnologii. – H.: NTU «HPI». – 2014. – № 61(1103). – S. 30 - 39.

8. Lyashenko S.O. Sozdanie otkrytogo programno-tekhnicheskogo kompleksa upravleniya bezopasnymi tekhnologicheskimi procesami v vyparnom otdelenii saharnogo zavoda / S.O. Lyashenko, O.S. Lyashenko, A.M. Fesenko // Visnik HNTUSG im. P. Vasilenka, vip. 156 «Mekhanizaciya sil'skogospodars'kogo virobnytstva», Harkiv, 2015. – S. 593 - 602

9. Fesenko A.M. Assessing the impact on air quality of agricultural enterprises / A.M. Fesenko, O.V. Pankova, R.A. Gutyanskyi, M.G. Tsekhmeister, V.V. Bezpalko // Engineering of nature management, #1 (5), 2016. – S.131 -135.

10. Zdiisnennia kompleksnoi tekhnichnoi, tekhnolohichnoi modernizatsii pidpriemstva z metoiu enerhozberezhennia ta vprovadzhennia systemy utylizatsii orhanichnykh vidkhodiv vyrobnytstva tsukru na PrAT «Raiz-Maksymko». [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: <chrome-extension://mhjfbmdgcfjbbpaeojfohoiefgijehjai/index.html>.

11. Zvit pro tekhnichne doslidzhennia TOV «Kyrykivskyi tsukrovyy zavod» vidpovidno do kontraktu 27.12-06 vid 20.12.2016.

12. Instrument dlia rozrakhunku bazovykh, proektnykh vytokiv ta/abo vykydiv v naslidok spozhyvannia elektroenerhii (Tool to calculate baseline, project leakage and/or emissions from electricity consumption), Versii 01; [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-05-v1.pdf>.

13. Instrument dlia rozrakhunku proektnykh vykydiv abo vytokiv CO2 vid spaliuvannia vykopnogo palyva (Tool to calculate project or leakage CO2 emissions from fossil fuel combustion), Versii 02. [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: <http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-03-v2.pdf>.

14. Kerivnytstvo MHEZK z natsionalnykh inventaryzatsii parnykovykh haziv 2006 roku. [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/3_Volume3/V3_2_Ch2_Mineral_Industry.pdf.

15. 1996 MHEZK Kerivni pryntsyipy natsionalnykh inventaryzatsii parnykovykh haziv (1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories); [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6a.htm>

16. 2006 MHEZK Kerivni pryntsyipy natsionalnykh inventaryzatsii parnykovykh haziv (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories); [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf.

Аннотация

Внедрение АСУТП сахарного производства Украины: экологические аспекты

С.А. Ляшенко, А.М. Фесенко, А.С. Ляшенко, В.В. Юрченко

В статье рассматриваются вопросы воздействия на окружающую среду сахарных заводов. В соответствии с современными требованиями, эффективность работы предприятия должна определяться не только с учетом себестоимости конечной продукции, но и комплексной стратегической оценки энергоэффективности технологического процесса и минимизации воздействия на среду. Важным стимулом развития современных технологий является разработка именно таких подходов, которые направлены на уменьшения объемов использования сырья, воды и энергии, что, в свою очередь, минимизирует количество образованных отходов и воздействие на окружающую среду. Обеспечение более полного и продуктивного использования электроэнергии, природного газа или угля, пресной воды возможно путем внедрения эффективных АСУТП сахарных заводов Украины.

Установлено, что основными составляющими воздействия на среду предприятий сахарной отрасли являются выбросы в атмосферу в результате использования ископаемого топлива и хранения на

полигонах жома. При этом образуются как токсичные вещества (моноокись углерода, окислы азота, серы и твердые частицы), так и парниковые газы, вызывающие изменения климата (углекислый газ, окись азота, метан). Сбросы сахарных заводов в водные объекты опасны высоким содержанием органики (по БПК) и могут вызывать эвтрофикацию водоемов. Комплексное воздействие на водные объекты, почву и качество воздуха также усиливается в результате хранения жома как отходов производства без дальнейшей переработки (сушки, гранулирования, биогазового брожения).

С целью экологического обоснования усовершенствования автоматизированных систем сахарного производства проведено определение объемов образования парниковых газов в результате использования электроэнергии, выработанной единой энергосистемой Украины, природного газа, декарбонизации известняка и хранения жома. Установлено, что внедрение эффективных систем автоматизации технологических процессов сахарного производства позволяет сократить потребление природного газа (до 17%) и электроэнергии (около 4%) и существенно снизить количество выделенного углекислого газа и метана, основных парниковых газов. Определено приблизительный размер уменьшения экологического налога предприятия (в европейских ценах) в результате усовершенствования системы автоматизации производства, дополненного модернизацией переработки жома.

Ключевые слова: *автоматизированные системы управления (АСУ), сахарное производство, оценка влияния на окружающую среду, энергоресурсы, удельные выбросы в атмосферу, парниковые газы.*

Abstract

Implementation of automated control systems for sugar production technological processes in Ukraine: environmental aspects

S. Lyashenko, A. Fesenko, O. Lyashenko, V. Yurchenko

The article reveals environmental impact assessment of sugar production. According to modern requirements, the efficiency of a company's operations should be determined not taking into account the cost of the final products only, but using a comprehensive strategic assessment of the energy efficiency of the technological process and the environmental impact. For the development of modern technologies, an important driving force is the creation of ways aimed at reducing the use of raw materials, water and energy, that, in turn, minimize the wastes and the environmental impact. Providing more complete and productive use of electricity, natural gas or coal, fresh water is possible through the implementation of efficient automated control systems at sugar factories in Ukraine.

It was determined that the main environmental impact of sugar industry enterprises is emissions into the atmosphere as a result the use of fossil fuels and storage pulp at landfills. In this case, toxic substances (for examples, carbon monoxide, nitrogen oxides, sulfur oxides and particular matter) and greenhouse gases causing climate change are formed (carbon dioxide, nitrogen oxide and methane). The discharge of sugar factories is dangerous due to high organic matter (according to the BOD) and might cause eutrophication in water bodies. The complex impact on water objects, soils and air quality is also enhanced through the storage of pulp as sugar production waste at landfills with no further processing (drying, granulation, anaerobic conversion).

In order to environmental assessment of sugar production automated control systems, the determination of the greenhouse gas emissions as a result of the use of electricity generated by Ukraine's unified energy system, natural gas, calcination of limestone and storage of pulp has been carried out. It was determined the implementation of effective automated control systems of sugar production is able to reduce natural gas consumption (up to 17%) and electricity (about 4%) and lower the emissions of carbon dioxide and methane, the main greenhouse gases, significantly. The rough environmental tax reduction for the enterprise (in European prices) is estimated due to the improvement of the automation production system supplemented by the modernization of pulp processing.

Keywords: *automated control systems, sugar production, environmental impact assessment, energy resources, specific emissions into the atmosphere, greenhouse gases.*

Представлено від редакції: А.Н. Алтибаєв / Presented on editorial: A.N. Altybayev

Рецензент: М.М. Кірієнко / Reviewer: M.M. Kirienko

Подано до редакції / Received: 09.02.2018