

**Keywords:** probability of occurrence of probability of defeat, probability of failure, protection elements, monitoring.

**УДК 614.82**

*Б.М. Цимбал, к.т.н., ст. викладач, НУЦЗУ,  
С.Р. Артем'єв, к.т.н., доц., зав. кафедри, НУЦЗУ,  
О.П. Шароватова, к.п.н., доцент, НУЦЗУ,  
А.Р. Баштова, курсант, НУЦЗУ,  
С.В. Розумний, курсант, НУЦЗУ*

## **АНАЛІЗ ФАКТОРІВ НЕБЕЗПЕК ТА ОЦІНКА РИЗИКІВ ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА З РОСЛИННОЇ БІОМАСИ**

(представлено д.т.н. Туркін І.Б.)

В даній роботі приведений аналіз та оцінка фізичних і хімічних факторів небезпек та ризиків пожежовибухонебезпечного виробництва твердого біопалива з рослинної біомаси. В результаті аналізу та оцінці факторів небезпек, було отримано рейтинг впливу факторів на організм людини та причини виникнення надзвичайних ситуацій. За допомогою сучасних, стандартних методик, були виявлені небезпечні фактори та ризики, які перевищують допустиме значення та можуть призвести до надзвичайних ситуацій. Для попередження виникнення надзвичайних ситуацій, представлені шляхи управління та контролю параметрів технологічного процесу виробництва твердого біопалива, які впливають на безпеку, а також проаналізовані і запропоновані заходи з їх попередження.

**Ключові слова:** екструдер, фактори безпеки та ризики, тверде біопаливо, рослинна біомаса, обладнання, фізичні фактори небезпек, хімічні фактори небезпек, пожежовибухонебезпечне виробництво, жароміцні кліщі.

**Постановка проблеми.** Для України та всього світу виробництво твердого біопалива з рослинної біомаси є перспективним напрямком, але сучасні технології та обладнання виявилися досить небезпечними. Нерозуміння цього як при проектуванні, так і при експлуатації цих виробництв призводить до аварій та вибухів з важкими наслідками. Тому впровадження безпечного виробництва твердого біопалива з рослинної біомаси є проблемним питанням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В роботі [1] наведена оцінка небезпек викидів пилу та газів при переробці зернових відходів, встановлено значне перевищення концентрації пилу, запропонована методологія утилізації пиловидних відходів, в їх екструзійному перетворенні з дисперсної структури в гранульовану, представлено ефективний прес-екструдер, який дозволяє знизити пилоутворення, пожежовибухонебезпеки, але він не вирішує розв'язання проблем утворення шкідливих газів та ін. небезпек.

Враховуючи фактор професійного ризику на лісогосподарських підприємствах, а саме оцінку професійного ризику згідно з причинами травмування працюючих, критеріями виробничого ризику та ранжуванням експертного опитування щодо впливу виробничих факторів на безпеку праці й оптимізації заходів щодо вдосконалення управління охороною праці та профілактики виробничого травматизму, автором роботи [2] були подані рекомендації про пріоритетні напрями витрат на заходи з охорони праці, але в цій роботі приведені заходи, які не враховують особливості технологічного процесу переробки деревинних відходів у біопаливо.

Автор роботи [3] ставить задачу мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище і на здоров'я людини деревообробними підприємствами шляхом переробки деревинних залишків (відходів) на паливні брикети. При цьому знижується ризик парникового ефекту та можливості утворення кислотних дощів, за рахунок викиду діоксиду сірки. В роботах [3-4] стверджується, що паливні брикети виділяють мало диму, але не враховують шкідливу дію хімічних та механічних факторів при виробництві паливних брикетів, запиленість виробничих приміщень та рівень шкідливих газів.

Аналізом виробничого процесу, в роботі [5-6] було встановлено, що вибухи та пожежі технологічного обладнання зумовлюють пил та гарячі частки спресованої деревини, що рухаються всередині магістралей виробництва паливних гранул. Для виявлення іскор необхідно встановлювати чутливі детектори, які працюють в інфрачервоній зоні. Впровадження комплексних рішень запобігання пожежам на виробництвах паливних гранул повинно передбачати вчасне виявлення іскор, ефективне їх гасіння та систему контролю стану безпеки. Даний спосіб враховує специфіку виробництва тільки гранул та не враховує проблеми транспортування паливних брикетів та є локальним, діє на певній ділянці транспортування.

Робота [7] спрямована на дослідження потенційного використання піролізованих апельсинових шкірок як твердих біопалив та біосорбції важких металів. Суха біомаса та біопаливо показали помірний рівень вуглецю (44-62%), високий вміст кисню (30-47%), зниження рівня водню (3-6%), азоту (1-2,6%), сірки (0,4-0,8%) та золи з максимумом 7,8%. Результати, отримані в цій роботі, показали, що потенційне використання відходів апельсинової шкірки як біосорбенту та твердого біопалива можливе, цей продукт може використовуватися в промислових процесах, але в цій роботі не проаналізовано небезпечні фактори не оцінено ризику, які можуть призвести до надзвичайних ситуацій та не враховано вибухонебезпечність органічного пилу, а також токсичність виробництва.

Наведені вище роботи комплексно та систематично не вирішують проблему небезпечних факторів та ризиків вибухонебезпечного виробництва твердого біопалива з рослинної біомаси.

**Постановка завдання та його вирішення.** Метою даної роботи є комплексна оцінка шкідливих та небезпечних факторів при виробництві паливних брикетів з рослинної біомаси і розробка заходів зі зменшення їх дії на пожежовибухонебезпеку виробництв.

Лінія для виробництва паливних брикетів складається з такого обладнання, як бункер накопичувач, скребковий і стрічковий транспортер, циклон, сушарка барабанного типу, дробарка, екструдер для виробництва паливних брикетів PiniKai, охолоджувач брикетів та торцювальний пристрій [8]. В даному обладнанні відбуваються складні технологічні процеси, які мають цілий комплекс шкідливих та небезпечних факторів та ризиків, які негативно впливають на організм людини, навколишнє середовище та можуть призвести до надзвичайних ситуацій, найбільш значимими ризиками є фізичні та хімічні небезпеки та ризики. Ці небезпеки, які характерні для певного технологічно обладнання наведені у табл. 1.

**Табл. 1. Фізичні та хімічні фактори небезпек та ризиків, які характерні для обладнання лінії для виробництва паливних брикетів з рослинної біомаси**

Фактор небезпеки/ назва обладнання	Бункер накопичувач	Транспортер	Циклон	Сушарка	Дробарка	Екструдер	Охолоджувач	Торцювальний пристрій
Гострі кромки обладнання, інструменту					+			+
Підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони	+	+			+	+	+	+
Гарячих або холодні місця повітря робочої зони	+		+	+		+	+	
Підвищена температура поверхні обладнання і матеріалів				+	+	+		+
Підвищений рівень шуму на робочому місці		+	+		+	+		+
Підвищений рівень вібрації на робочому місці		+	+	+	+	+		+
Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини		+	+	+	+	+		+
Підвищений рівень статичної електрики		+	+	+	+	+		+
Підвищений рівень електромагнітних випромінювань				+	+	+		+
Підвищений рівень інфрачервоного випромінювання				+				
Токсичні речовини				+		+	+	

Подразнюючі речовини				+		+	+	
----------------------	--	--	--	---	--	---	---	--

Проаналізувавши табл. 1, можливо зробити висновок, що найбільш небезпечним є екструдер для виробництва паливних брикетів, сушарка та торцювальний пристрій. До найбільш значних факторів можливо віднести: підвищену запиленість та загазованість робочої зони, підвищену температуру поверхні обладнання та матеріалів та гострі кромки обладнання і інструменту.

Для дослідження були обрані провідні підприємства України такі, як ТОВ «ЧеркасиЕлеваторМаш» та ФОП «Махно С.М.» [9].

Стан повітря робочої зони визначався відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 12.1.014 і за технічною документацією на методи визначення шкідливих речовин в повітрі, затвердженої наказом МОЗ України. Рівень шуму на робочих місцях вимірювали за ГОСТ 12.1.050, джерел шуму - за ГОСТ 12.1.028. Оцінку результатів вимірювання шуму проводили за ГОСТ 12.1.003 і санітарним нормам допустимих рівнів шуму на робочих місцях.

Вимірювання та контроль вібрації проводили за ГОСТ 12.1.012 та методичних вказівок по проведенню вимірів і гігієнічної оцінки виробничих вібрацій, затвердженим Міністерством охорони здоров'я України. Контроль електробезпеки проводили за ГОСТ 12.1.002. Температуру зовнішньої поверхні обладнання та паливних брикетів вимірювали контактною термopарою з вимірювальним приладом за ГОСТ 9736.

Випадки механічного травмування в ТОВ «ЧеркасиЕлеваторМаш» під час роботи з торцювальним пристроєм, дробаркою та ін. обладнанням має наступний характер у %:

- травмування пальців або кисті рук внаслідок захоплення робочих органів, які обертаються - 45;
- потрапляння до очей літаючого пилю - 40;
- травмування рук або ніг при налагодженні обладнання, установки та демонтажі оброблюваної деталі, кріпленні і зняття деталей - 9;
- травмування тіла частиною брикету, яка вирвалася при різанні - 4;
- травмування пальців рук при збиранні сировини - 2;
- інші випадки травмування - 2.

Одним з значимим зі шкідливих та небезпечним виробничих факторів є органічний пил. Основних джерелом утворення пилю служать екструзійні, торцювальні та подрібнювальні процеси. Під час цих процесів у повітря виділяється високодисперсний пил (0,8-5 мкм), до складу якого, крім органічних входять металеві та мінеральні частинки.

Вміст пилю у повітрі може досягати найбільшої величини при подрібненні та розпилюванні без вентиляційної системи (32-163 мг/м<sup>3</sup>).

При переробці органічних матеріалів відбуваються механічні та фізико-хімічні зміни їх структури, і в повітря робочий зони надходить складна суміш парів, газів і аерозолів. Летючі продукти, що утворюються при тепловому розкладанні (термодеструкції) ряду органічних речовин, є

пожежовибухонебезпечними, токсичними та можуть викликати зміни центральної нервової і судинної систем, кровотворних і внутрішніх органів, а також шкірно-трофічні порушення. Тривале вдихання пилу у виробничих умовах може привести до розвитку пилових захворювань бронхолегеневого апарату – пневмоконіозівта, хронічного пилового бронхіту. Надзвичайно небезпечно вдихання пилу, газів, що приводить до захворювання бериліозом.

Дані за вмістом пилу в повітрі робочої зони при механічній обробці, в залежності від типу сировини наведені в табл. 2.

**Табл. 2. Вміст пилу в повітрі робочої зони при механічній обробці, в залежності від типу сировини**

Перероблювальна сировина	Вміст пилу, мг/м <sup>3</sup>
Лушпиння соняшнику	800-1000
Тирса	500-754
Солома ячменю	176-238

Спектри шуму більшості обладнання лінії для виробництва паливних брикетів з рослинної біомаси мають середнійта високочастотний характер. Загальні рівні звукового тиску знаходяться в межах від 85 до 100 дБА, що наведено у табл. 3.

**Табл. 3. Рівні звукової потужності обладнання**

Тип обладнання	Середньо-геометрична частота октанової частоти, Гц								Рівень звуку дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Дробарка	84±4	85±4	87±5	94±1	97±0	94±1	88±4	86±4	102
Екструдер	87±3	90±3	93±3	89±5	90±3	90±3	87±3	80±3	95
Різак	78±4	90±5	84±4	85±5	85±6	94±5	80±5	80±5	90
Допустиме	95	87	82	78	75	73	71	95	80

Найбільш високі рівні були зареєстровані в робочій зоні біля дробарки, екструдеру то торцювального пристрою (різаку).

Рівень звукової потужності на робочому місці оператора не повинен перевищуватигранично допустимий рівень 70 дБА, то б то необхідно провадити заходи з безпеки для зменшення дії цього фактору.

На робочих місцях, під час роботи з транспортером, сушаркою, дробинкою, екструдером, циклоном та торцювальним пристроєм утворюється вібрація, рівень якої та вплив на організм людини наведені в табл. 4.

**Табл. 4. Рівень вібрації та її вплив на організм людини**

Тип обладнання	Амплітуда коливань вібрації, мм	Частота вібрації, Гц	Результат впливу
Транспортер	0,016	30	Нервові збудження з депресією
Циклон	0,040	45	
Сушарка	0,045	50	
Торцювальний пристрій	0,047	50	
Дробарка	0,095	60	Зміни у центральній нервовій системі, серці та слуху
Екструдер	0,065	55	

Під час виробництва паливних брикетів з рослинної біомаси трапляються опіки рук та можуть трапитися надзвичайна ситуація, причиною яких є гаряча поверхня сушарки, дробарки, екструдера та торцювального пристрою. Особливо небезпечними є поверхня голівки екструдера та паливні брикети після екструзії можуть тліти і є пожежовибухонебезпечними. Температура робочих органів екструдера та брикетів після екструзії, в залежності від виду сировини наведені у табл. 5.

**Табл. 5. Температура робочих органів екструдера та брикетів після екструзії в залежності від типу сировини**

Тип сировини	Температура обробки, °C
Деревинні залишки	320—350
Лушпиння соняшнику	250—290

Також трапляються опіки, якщо вологість сировини перевищує 8%, це пов'язано з тим, що під час екструзії утворюються парові пробки, сировина вилітає з головки екструдера та травмує робітників.

Технічне обслуговування екструдера та пакування брикетів заборонено, якщо їх температура перевищують 40°C.

Під час екструзії під великим тиском та високою температурою відбувається термічна деструкція, піроліз поверхні паливних брикетів. Хімічний склад повітря та вміст димових газів, які утворюються при піролізі біомаси майже не залежить від типу сировини. Під час піролізу 1 м<sup>3</sup> сировини утворюється 85-95 м<sup>3</sup> газів, з яких метан та кисень утворює вибухонебезпечну суміш. Повітря в робочій зоні має такий склад у % та підвищену температуру у °C: оксид сірки 10-16; кисень 8-15; оксид азоту 9-16; метан 0-0,01; діоксид вуглецю 5-9 та температура димових газів 170-255.

Під час виробництва паливних брикетів, у зоні екструзії утворюється дим [10-11], склад якого наведений у табл. 6.

**Табл. 6. Склад диму при виробництві паливних брикетів, в зоні екструзії**

Назва речовини, яка визначається	Швидкість аспірації, л/хв.	Час відбору проб, хв.	Фактична концентрація, мг/м <sup>3</sup>	Гранично допустима концентрація, мг/м <sup>3</sup>	Методика дослідження
Акролеїн	0,5	20	0,5	0,2	МУ 2719-83
Діоксид азоту	0,2	5	3,5	2	МУ 1638-77
Діоксид вуглецю	0,2	5	19,0	20	ГОІЕ АПИ 2.840.087
Пил рослин. походження	20,0	30	10,0	6	МУ 4436-87
Діоксид кремнію	20,0	30	2,0	—	МУ 2391-81

З табл. 6 видно, що під час виробництва паливних брикетів, в зоні екструзії утворюються сполуки, рівень яких перевищують гранично допустиму концентрацію та які негативно впливає, як на організм людини та навколишнє середовище.

Рівні небезпечних і шкідливих факторів у виробничих приміщеннях і на робочих місцях не повинні перевищувати гранично допустимих значень, затверджених Міністерством охорони здоров'я України.

Розрахунок надлишкового тиску вибуху для горючого пилу проводиться згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016, за формулою

$$\Delta P = \frac{m \cdot H_T \cdot P_0 \cdot z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_E \cdot c_p \cdot T_0} \cdot \frac{1}{k_n}, \quad (1)$$

де  $m$  – горючого пилу, кг;  $H_T$  – теплота згоряння, Дж · кг<sup>-1</sup>;  $P_0$  – атмосферний тиск, кПа (допускається приймати таким, що дорівнює 101,3 кПа);  $z$  – розуміється частка участі завислого горючого пилу у вибуху, за відсутності експериментальних даних про величину  $z$ , допускається приймати  $z = 0,5$ ;  $V_{\text{вільн}}$  – вільний об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;  $\rho_E$  – густина повітря до вибуху при початковій температурі  $T_0$ , кг/м<sup>3</sup>;  $c_p$  – теплоємність повітря, Дж · кг<sup>-1</sup> · К<sup>-1</sup> (дозволено приймати такою, що дорівнює  $1,01 \cdot 10^3$  Дж · кг<sup>-1</sup> · К<sup>-1</sup>);  $T_0$  – початкова температура повітря, К.

Суть – використання способу [8] отримання твердого палива з рослинної сировини та присадки, дозволив перевести небезпеку виробництва з категорії Б (пожежовибухонебезпечне) в категорію В (пожежонебезпечне), знизивши надлишковий тиск горючого пилу з 6 кПа до 0,25 кПа, який був розрахований за формулою (1).

Режими технологічних процесів виробництва твердого біопалива, згідно ГОСТ 12.4.026, повинні забезпечувати:

- узгодженість роботи обладнання, що виключає виникнення небезпечних і шкідливих факторів;
- завантаження устаткування в межах його пропускної здатності, що забезпечує ритмічну роботу персоналу, зайнятого в технологічному процесі;
- пожежовибухобезпеку виробництва;
- можливість, при необхідності, застосування засобів захисту працюючих;
- охорону навколишнього середовища.

Процеси брикетування повинні бути організовані відповідно до нормативно-технічною документацією, передбаченою ГОСТ 3.1120. Небезпечні зони цехів і дільниць, де здійснюється технологічний процес, повинні позначатися знаками безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026. Технологічний процес повинен бути організований так, щоб виключалася необхідність дотику працюючих з сировиною та півфабрикатами, які перебувають в русі зі швидкістю більше 0,3 м/с. У поточних чи автоматичних лініях при зупинці будь-якої одиниці обладнання слід зупинити все попереднє обладнання, якщо лінії не оснащені накопичувачами або відсутні спеціальні буферні майданчики. Над гарячим пресомта в місцях охолодження гарячих брикетів необхідна установка укриттів з місцевими відсмоктувачами.

Розміщення виробничого обладнання при організації технологічних процесів виробництва паливних брикетів повинно забезпечувати безпеку та зручність його обслуговування і можливість евакуації працюючих. Проїзди і проходи в приміщеннях, де встановлено обладнання, повинні бути позначені лініями білого кольору та знаками згідно з ГОСТ 12.4.026. Устаткування, що створює підвищений рівень шуму, слід розташовувати в окремих приміщеннях або укладати в звукоізолюючі кожухи. Робочі місця операторів в шумних приміщеннях повинні бути в звукоізолюючих кабінах. Для обслуговування та ремонту устаткування, розташованого вище 1,3 м від рівня підлоги, до яких можливо віднести теплогенератор барабанної сушарки, транспортер та циклон повинні передбачатися огорожі відповідно до ГОСТ 12.4.059. Гарячій прес та інше обладнання, що виділяє тепло, повинно бути обладнане екранами, щоб інтенсивність теплового заручення на робочих місцях не перевищувало 100 Вт/м<sup>2</sup> ГОСТ 12.3.042-88.

Показники мікроклімату на робочих місцях повинні відповідати санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень, затверджених Міністерством охорони здоров'я України. Циклони та бункери систем збору органічного пилу повинні розташовуватися поза будівлями. Канали для конвеєрів та комунікацій, повинні бути розташовані нижче рівня підлоги, закриті щитами на шарнірах на рівні з підлогою. Приямки в зоні роботи підймальних столів, етажерок, пресу повинні бути огорожені поручнями висотою не менше 1,0 м та бортами висотою 0,1 м.



Сировина, яка має металеві та мінеральні включення, повинна пройти очищення на сепараторах. Температура сировини, півфабрикатів та брикетів, з якими стикаються працюючі, не повинна перевищувати 40°C. Тріску, тирсу та інші сипучі матеріали, що зберігаються на складах навалом, слід укладати в штабелі з крутизною природного укосу складованих матеріалів. Зберігання сировини на відкритих майданчиках повинно відповідати вимогам протипожежних норм проектування складів.

Пропонується замінити звичайні циклони, на циклони з додатково створеним тиском, який виникає за рахунок модернізації існуючих циклонів, в конструкцію яких додається, електродвигун, вал та лопаті. Він повинен мати продуктивність не менше 1500 м<sup>3</sup>/хв. Циклон з додатково створеним тиском зображений на рис. 1. Відмінність цього циклону від сучасних циклонів та пиловловлювач полягає в наявності в циклоні ротаційного ротора.

Робочі органи ротора забезпечують підвищену ефективність відділення пилу від повітря за рахунок додаткового використання сил інерції, заснованих на відбитті від поворотних планів.

Ротор, що обертається, крім функції надання додаткових сил інерції з надтонкими частинками пилу виконує другу функцію - відцентрового насоса з відбору чистого повітря з корпусу циклону. Привід ротора у вигляді електричного двигуна потужністю 3 кВт розміщений у верхній частині циклону та є єдиним цілим конструкцією.



Рис. 1. Верхній вид циклону з додатково створеним тиском

Не всі підприємства з виготовлення паливних брикетів мають охолоджувач. Для експрес аналізу паливних брикетів необхідно отримати зразок. Для цього пропонується використовувати жароміцні кліщі, які мають форму, такі як профіль брикету, шестикутника або чотирьох кутника, а також ручку з жароміцного матеріалу.

В зоні екструзії та охолодження пропонується встановити витяжку, для того, щоб виводити з робочої зони повітря, яке містить дим та пил, яке повинно пройти очищення крізь встановлені тканинні фільтри, скрубери або електрофільтри.

Для попередження виникнення опіків під час технічного обслуговування екструдера, сушарки та торцювального пристрою пропонується встановлювати термодатчики, які автоматично контролювали зміну температуру на робочих органах та в місцях обслуговування.

Спеціальний одяг, рукавиці та окуляри робітників повинні бути зробленими з термостійких матеріалів, які б захищали від потрапляння іскор та пилу.

**Висновки.** Аналіз факторів небезпек та оцінка ризиків вибухонебезпечного виробництва твердого біопалива з рослинної біомаси необхідні для модернізації заходів зі зменшення дії небезпечних факторів, на організм людини та навколишнє середовище, які можуть призвести до виникнення надзвичайних ситуацій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Шебанова С.В. Снижение экологической опасности зерноперерабатывающих производств путем совершенствования процесса утилизации отходов: автореф. дис. на соискание науч. ступеня канд. тех. наук: спец. 03.00.16 «Экология» / С.В. Шебанова. – Оренбург, 2005. – 20 с.

2. Дейнека А. М. Ефективність планування заходів з охорони праці на лісогосподарських підприємствах на основі оцінювання ризику виробничого травматизму / А. М. Дейнека, В. М. Степанишин // Науковий вісник НЛТУ України. – 2013. – Вип. 23.17. – С. 129-138. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu\\_2013\\_23](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnltu_2013_23).

3. Буряк М. Забруднення навколишнього середовища деревообробним підприємством / М. Буряк, П. Романюк // Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Теоретичні та прикладні аспекти розвитку аграрного бізнесу України», 20 жовтня 2015 р. – Тернопіль: ВПЦ «Економічна думка», 2015. – С. 54-56.

4. Промислова екологія: Навчальний посібник / С.О. Апостолук, В.С. Джигирей та ін. – К.: Знання, 2005. – 268 с.

5. Дубровін В.О. Основні напрями наукової діяльності кафедри охорони праці та інженерії середовища / В.О. Дубровін, О.В. Войналович, С.В. Драгнев // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – Вип. 184. – Ч. 2: Серія "Техніка та енергетика АПК", 2013. – С. 24-34.

6. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад / За ред. Дубровіна В.О., Анни Гжибек та Любарського В.М. – Kaunas: IAE LUA, 2009. – 120 с.

7. Santos C.M. Application of orange peel waste in the production of solid biofuels and biosorbents / C. M. Santos, J. Dweck, R. S. Viotto, A. H. Rossa, L. C. de Moraes // *Bioresour Technology*. – V. 196, 2015. – P. 469-479.

8. Пат. 109886 Україна, МПК C10L 10/04, C10L 5/44, G01N 27/26, G01N 31/16. Спосіб отримання твердого біопалива / В. А. Войтов, Б. М. Цимбал; заявник та патентовласник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – u 2016 03185; заяв. 28.03.2016, опубл. 12.09.2016, Бюл. № 17, 2016 р. – 3 с.

9. Руководство по эксплуатации EB-350PЭ. Экструдер для брикетирования отходов EB-350M. – Черкассы: ООО ЧеркассыЭлеваторМаш», 2013. – 33 с.

10. Ястреба С.П. Підвищення ефективності роботи і довговічності олійних пресів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук : спец. 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / С.П. Ястреба. – Київ, 2012. – 19 с.

11. Прейс Г.А. Об износе деталей шнекпрессов / Г. А. Прейс // *Пищевая технология*, 1961. – № 5. – С. 117-119.

*Отримано редколегією 08.09.2017*

Б.М. Цымбал, С.Р. Артемьев, Е.П. Шароватова, А.Р. Баштова, С.В. Розумний

#### **Анализ факторов опасностей и оценка рисков пожаровзрывоопасного производства твёрдого биотоплива из растительной биомассы**

В данной работе приведен анализ и оценка физических и химических факторов опасностей и рисков взрывопожароопасного производства твёрдого биотоплива из растительной биомассы. В результате анализа и оценке факторов опасностей, было получено рейтинг влияния факторов на организм человека и причины возникновения чрезвычайных ситуаций. С помощью современных, стандартных методик, были обнаружены опасные факторы и риски, которые превышают допустимое значение и могут привести к чрезвычайным ситуациям. Для предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций, представлены пути управления и контроля параметров технологического процесса производства твердого биотоплива, которые влияют на безопасность, а также проанализированы и предложены меры по их предупреждению.

**Ключевые слова:** экструдер, факторы опасности и риски, твёрдое биотопливо, растительная биомасса, оборудование, физические факторы опасностей, химические факторы опасностей, пожаровзрывоопасное производство, жаропрочные клещи.

B.M. Tsybal, S.R. Artemyev, O.P. Sharovatova, A.R. Bashtova, S.V. Rozumnyy

#### **Hazard Analysis and Risk Assessment of Fire and Explosive Production of Solid Biofuels from Plant Biomass**

In this paper, we analyze and evaluate the physical and chemical factors of the dangers and risks of explosive fire production of solid biofuel from plant biomass. As a result of the analysis and assessment of hazards, a rating of the influence of factors on the human body and the causes of emergencies was obtained. With the help of modern, standard methods, dangerous factors and risks were discovered that exceed the permissible value and can lead to emergency situations. To prevent emergencies, the ways of management and control of the parameters of the technological process of production of solid biofuels, which affect safety, are presented, and measures for their prevention are analyzed and proposed.

**Keywords:** extruder, hazards and risks, solid biofuels, plant biomass, equipment, physical hazards, chemical hazards, fire-explosive production, heat-resistant mites.