

ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

УДК 628.4.034

© Волошин В.С.*

ОПЫТ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ В ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

В статье предложен методологический подход к исследованию механизма образования отходов в пищевой промышленности с применением графопостроительных моделей. Рассмотрены причины процесса отходаобразования на примерах виноделия и сыроварения, изучены количественные и качественные закономерности, позволяющие использовать их в качестве инструментария для управления процессами отходов с целью минимизации в источнике образования.

Ключевые слова: отходы, сырье, энтропия, графопостроительная модель, неравновесная система, бифуркация.

Волошин В.С. Досвід поводження з відходами в харчових технологіях. У статті запропоновано методологічний підхід до дослідження механізму утворення відходів в харчовій промисловості із застосуванням графопобудових моделей. Розглянуто причини процесу відходоутворення на прикладах виноробства і сироваріння, вивчені кількісні й якісні закономірності, що дозволяють використовувати їх в якості інструментарію для управління процесами відходів з метою мінімізації в джерелі утворення.

Ключові слова: відходи, сировина, ентропія, графопобудова модель, нерівноважна система, біфуркація.

V.S. Voloshin. Managing wastes in food production. The article proposes a methodological approach to the study of waste generation in food production, using plotter models. The reasons for waste generation in winemaking and cheese making have been examined, quantitative and qualitative regularities that make it possible to use them as a means for managing waste generation and to minimize waste in the very source of its generation have been studied.

Keywords: waste, raw materials, entropy, plotting model, nonequilibrium system, bifurcation.

Постановка проблемы. Статья посвящена изучению задачи минимизации отходаобразования в технологических системах пищевой промышленности с использованием графопостроительных моделей, отражающих промежуточные состояния при переработке сырья, а также процессы, при которых достигается утилизация большей части отходов, на примере винного и сырного производства.

Анализ последних исследований и публикаций. Развитие теории природы отходаобразования [1, 2] направлено на изучение системной динамики процесса, в том числе энергетической составляющей материальных потоков, принимающих участие в производстве. Важным фактором, характеризующим механизм отходаобразования, является реструктуризация и перераспределение роста энтропии между материальными составляющими производственной системы и в первую очередь между стационарно неравновесной продукционной системой и стационарно равновесной системой отходов.

Теорема Пригожина [3] предлагает теоретическое обоснование системного свойства – термодинамического двуединства, как основы энергетической взаимосвязи материальных потоков – полезной продукции и отходов в производственной системе. В частности, реализация качеств неравновесности в разных частях системы инициирует возможность получения нового

* д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

полезного продукта, зависящего от характера энергетического воздействия на компоненты сырьевой базы.

Цель статьи. Построение модели ориентированного графа, отражающего промежуточные состояния при переработке исходного сырья, а также технологические процессы, которыми достигается утилизация большей части отходов на примере винного и сырного производств.

Изложение основного материала. Виноделие и сыроварение относятся к наиболее древним пищевым технологиям и отличаются относительной простотой, использованием самых распространенных источников энергии [4-7]. Сырьевая база этих процессов весьма упрощена. Тем не менее, эти технологии, на наш взгляд, содержат в себе все те качества, которые дают возможность их отходам почти на 100% становиться товарной продукцией.

К особенностям виноделия относится почти полная ее безотходность. Причем перерабатывать отходы виноделия люди научились давно, и эти технологии постоянно совершенствуются. В основе этого процесса находится весьма простая сырьевая база, состоящая из одного компонента – культурного винограда, который имеет биологическую основу. Это растение, состоящее из корневой системы, многолетней виноградной лозы, листьев и, собственно, ягод, в свою очередь состоящих из кожуры, семян, и сочной мякоти, ради которой и затеян процесс производства вина, как высоколиквидной товарной продукции (P_0). Количество и номенклатура отходов виноделия весьма красноречивы (табл. 1). В пределе, из трех компонентов сырья получаем один компонент полезной продукции и в общем виде девять компонентов отходов самого разного качества. Графопостроительная модель производства вина показана на рис. 1.

Таблица 1

Система отхообразования в прямой технологии виноделия
(морфологическая таблица вершин графа, рис. 1)

Сырье			Отходы		
Наименование	Шифр	%*	Наименование	Шифр	%*
Ягоды винограда	C_1	12-22	Семена	O_1	12
Лоза виногр.	C_2	68	Выжимка	O_2	15
Листья виногр.	C_3	10-20	Гребни	O_3	10
ИТОГО:		100	Дрожжи	O_4	4-6
Продукция			Винный камень	O_5	0,6-1,5
Наименование	Шифр	%	Коньячная барда (винесс)	O_6	4,5
Вино	P_0	47	Сульфидные остатки	O_7	1,5-5,4
Эксплуатационный отход вина			Лоза виноградная	O_8	–**
Отгонная жидкость	O_{11}	3,0	Листья виноградные	O_9	–**
ИТОГО:		50	ИТОГО:		50

* – соотношения имеют существенный разброс в зависимости от особенностей технологии; ** – не являются сырьем для основного продукта технологии.

Иными словами, за счет химических реакций брожения (окисления) мы получаем главный товарный продукт, вино, и целый букет отходов, каждый из которых путем использования в системе энергии химических реакций не способен переходить в состав товарной продукции в полном соответствии с принципами термодинамического двуединства системы [3]. В процентном соотношении товарная продукция, вино, составляет примерно 50% всего количества сырья, из которых 3% составляют винные остатки при длительном хранении (т. н. отгонная жидкость). Остальное это прямые отходы, номенклатура которых представлена девятью компонентами (см. табл. 1) и которые не могут быть переработаны за счет энергии, действующей в данной системе.

База отходов, как следует из теории энергоэнтропии, представляет собой ту часть системы, которая относится к равновесным или слабонервновесным системам, в силу чего они не претерпевают требуемых изменений, позволяющих выделить некоторые их полезные качества (собственно суть отхода). Необходима дополнительная энергия, которая может заставить эту базу отхообразования перейти в сильно неравновесное состояние и, таким образом, получить возможности самоорганизации через процессы бифуркации по И. Пригожину [3].

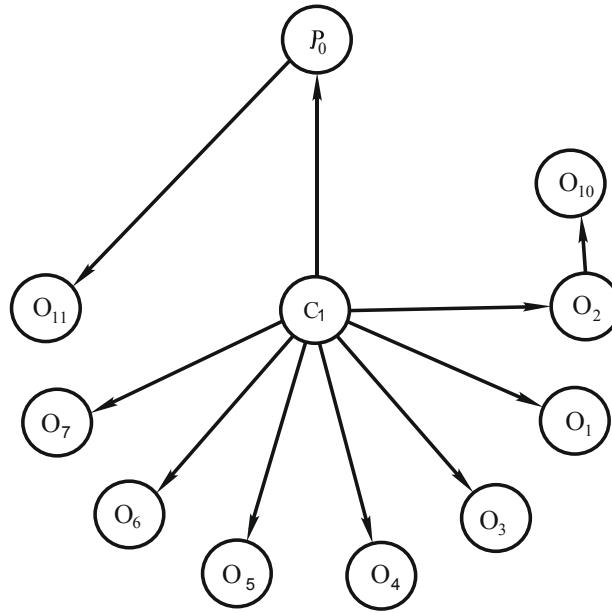


Рис. 1 – Графопостроительная модель технологии производства вина

История виноделия свидетельствует о том, что такие источники энергии были найдены эмпирически. Мы их только констатируем (табл. 2). В таблице представлены виды технологических процессов, которые приняты в виноделии и соответствующие им виды энергии, применяемой для переработки конкретных отходов (назовем их первичными). Каждый из указанных типов энергии (механическая, тепловая, химическая) является наиболее доступным и простым. Поэтому люди могли ими воспользоваться при любом технологическом укладе, что давало многовековой опыт и весьма высокие эмпирические результаты.

Таблица 2

Дополнительные источники энергии для переработки
 первичных отходов винного производства

Шифр отхода	Наименование отхода	Технологический процесс	Энергия	
			ΔE_i	Вид используемой энергии
O ₁	Семена	Осаждение, нагрев, прессование	ΔE_1	Энергия механического давления, гравитация, тепловая энергия
O ₂	Выжимка	Дистилляция, перегонка	ΔE_2	Тепловая энергия, энергия механического давления
O ₃	Гребни	Дробление прессования, промывка	ΔE_3	Энергия механического давления, гидравлическое давление
O ₄	Дрожжи	Перегонка	ΔE_4	Тепловая энергия, перегретый пар
O ₅	Винный камень	Выделение солей, барботажи, кипячение	ΔE_5	Энергия поэтапных химических реакций, механическое перемешивание, тепловая обработка
O ₆	Коньячная барда	Сухая перегонка, пропарка	ΔE_6	Тепловая энергия, в т. ч. без доступа кислорода

Если принимать логику изложения И. Пригожина [3], то присутствие некоторого дополнительного источника энергии, способного влиять на конкретный вид отхода, являлось основанием для выведения производственной системы из возможного состояния бифуркации (BF). Результатом произвольного выбора при этом стали технологии переработки первичного сырья (рис. 2) в полезную продукцию. Еще раз подчеркнем, что они носят эмпирический характер, но вполне укладываются в систему координат теоремы Пригожина. При этом мы должны быть уверены, что для каждого отходообразующего первичного компонента в системе, переходящей в сильно неравновесное состояние, присутствует именно такая энергия, которая пресекает характерную для него бифуркацию в направлении получения нового полезного продукта ($P_1 \rightarrow P_{13}$).

Из общей номенклатуры наименований отходов почти все они подлежат различной переработке таким образом, что в результате получается новая номенклатура товарной продукции, каждая из которых будет иметь своего потребителя (табл. 3).

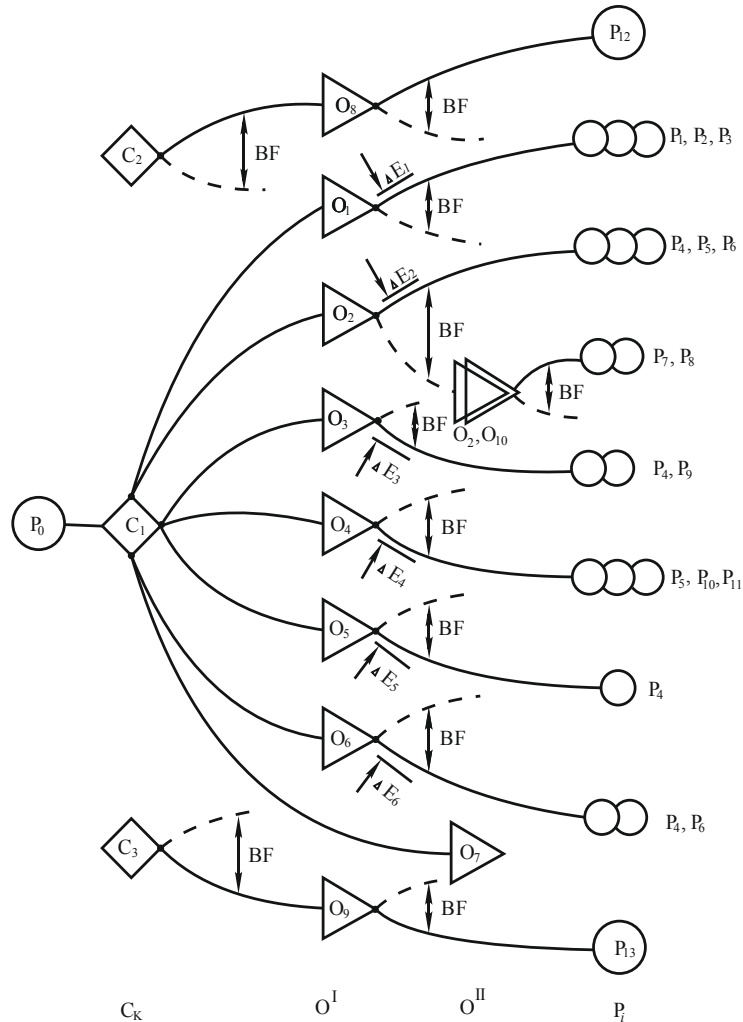


Рис. 2 – Бифуркации (BF) в процессах самоорганизации для полной технологии переработки первичных отходов виноделия за счет внешнего энергетического поля (ΔE_i). Здесь итоговая база отходов (O_7, O_{10}) и производственная база ($P_1 \div P_{13}$)

Результаты переработки отходов технологии виноделия (морфологическая таблица) Таблица 3

Отходы			Продукция вторичной переработки		
Наименование	шифр	%	Наименование	шифр	%
Семена	O ₁	12	Масло пищевое	P ₁	3,0
			Парфюмерные добавки	P ₂	1,0
			Техн. масло (олифа)	P ₃	8,0
Выжимка	O ₂	15	Отгонная жидкость	O ₁₀	4,5
			Винная кислота	P ₄	0,5
			Спирт	P ₅	6,0
			Светильный газ	P ₆	1,0
Сухой остаток выжимки	O _{2'}	В т. ч. 3,0	Удобрение	P ₇	0,5
			Корм скоту	P ₈	2,5
Гребни	O ₃	10	Винная кислота	P ₄	7,5
			Дубильное вещество	P ₉	2,5

Продолжение таблицы 3

Дрожжи, как осадок после брожения	O ₄	4	Спирт	P ₅	2,1-3,2
			Уголь для типогр. краски	P ₁₀	0,4
			Энантовый спирт	P ₁₁	1,2-2,1
			Винная кислота	P ₄	0,3
Винный камень	O ₅	1,5	Винная кислота	P ₄	0,4-1,1
Коньячная барда (винесс)	O ₆	4,5	Винная кислота	P ₄	3,5
			Светильный газ	P ₆	1,0
Сульфидные остатки	O ₇	3,0	–		–
ИТОГО:		50*	ИТОГО:		45,9-48,6*
Лоза виногр.	O ₈	–	Бумага	P ₁₂	95**
Листья виногр	O ₉	–	Корм скоту	P ₈	50**

* – процент от массы исходного сырья; ** – процент от массы первичного отхода.

Как результат, современная технология производства вина при компонентности сырьевой базы равной единице может иметь компонентность производственной базы в 12 единиц и компонентность базы отходов в 2 единицы (см. рис. 2). Из известных систем по производству полезной продукции виноделие занимает одну из ведущих позиций с точки зрения эффективности отходообразования.

Попробуем рассмотреть еще одну древнюю технологию – сыроделие (или сыроварение), которая по своему влиянию на человечество не имеет равных среди других технологий. Самые ранние данные о производстве сыра относятся к 8000 годам до н. э. В его основе было молоко дойных животных – коров, лошадей, коз, яков, лам и др. Вне зависимости от того, в какой части света находилось данное сообщество людей, они так или иначе приходили к технологиям производства сыра из молока. Существовало интуитивное понимание, что сыр обладал повышенной концентрацией полезного жира, микроэлементов, которые изначально принадлежали молоку и хорошо усваивались человеком. Усвоение сыра составляет 98-99%. Это выгодное производство как с точки зрения калорийности, так и сохранности продукта.

Особенностей технологий производства сыра, позволяющие производить его многообразия сортов (в мире насчитывается более 1400 сортов сыра), мы не будем касаться. Нас интересует упрощенная схема сырьевой и производственной баз, а также базы отходов при производстве сыра (табл. 4).

Таблица 4

Система отходообразования в прямой технологии производства сыра (морфологическая таблица)

Сырье			Отходы		
Наименование	Шифр	%*	Наименование	Шифр	%*
Молоко	C ₁	96,45	Сыворотка первичная	O ₁	50
Ферменты	C ₂	3-3,5	Твердые включения	O ₂	0-0,05
Соль	C ₃	0,05	Сырная слизь	O ₃	1,0-3,0
ИТОГО:		100	Сырная крошка	O ₄	2,0
Продукция			Сырная обрезь	O ₅	3,0
Сыр сортовой	P ₀	37	Сыворотка вторичная	O ₆	6
Сыворотка первичная	P ₁	1,0-3,0	ИТОГО:		60-62
ИТОГО:		38-40			

* – соотношения имеют существенный разброс в зависимости от особенностей технологии.

Здесь мы опять сталкиваемся с тем, что энергия химических реакций, присутствующая в системе сыроделия, не способна переработать все побочные отходы. В строгом соответствии с теоремой Пригожина ищем другие источники энергии, которые будут способны переводить отходы сыроделия в разряд товарной продукции (табл. 5). Опять заметим, что только констатируем имеющиеся результаты, но они находятся в полном соответствии с принципами термодинамического двуединства и направлены на увеличение неравновесности всей технологической системы [3].

Таблица 5

Дополнительные источники энергии для переработки
 первичных отходов сырного производства

Шифр отхода	Наименование отхода	Технологический процесс	Энергия	
			ΔE_i	Вид используемой энергии
O ₁	Сыворотка первичная	Пастеризация, фильтрация	ΔE_1	Тепловая, механическая
O ₂	Твердые включения	Фильтрация, сорбция	ΔE_2	Механическая, поверхностно активная энергия
O ₃	Сырная слизь	-	-	-
O ₄	Сырная крошка	Термообработка, переплавка	ΔE_4	Тепловая
O ₅	Сырная обрезь	Термообработка переплавка	ΔE_5	Тепловая
O ₆	Сыворотка вторичная	Термообработка	ΔE_6	Тепловая

Построим модель ориентированного графа, который отражает не только все промежуточные состояния при переработке сырья, но и показывает те технологические процессы, которыми достигается утилизация большей части отходов сырного производства (рис. 3). Морфологическая таблица орграфа представлена в табл. 6.

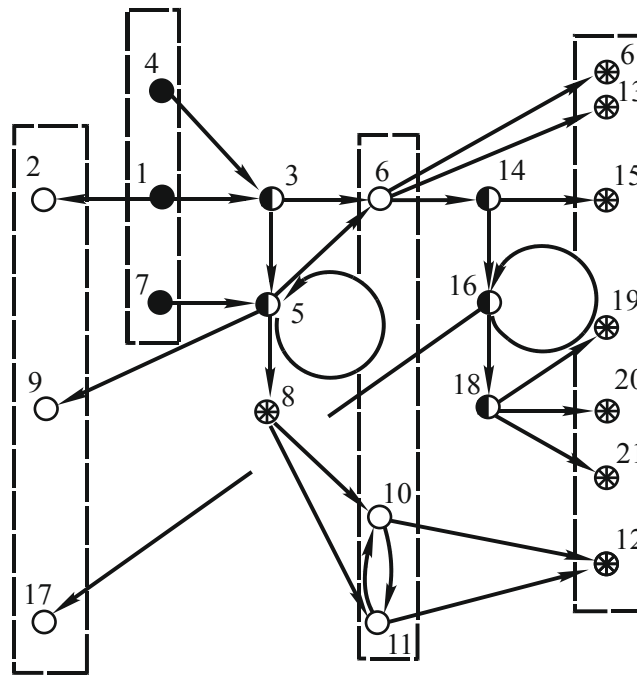


Рис. 3 – Графопостроительная модель технологии получения сыра

Таблица 6

Морфология современной технологии производства сыра

№№	Вершина	Шифр	Наименование	Ребро	Наименование
1	1	C ₁	Исходное молоко	1-2	Фильтрация
2				1-3	Пастеризация
3	2	O ₁	Твердые частицы	-	-
4	3	-*	Молоко пастеризованное	3-5	Створаживание
5				3-6	Створаживание
6	4	C ₂	Ферменты	4-3	Ферментация
7	5	-*	Творожная масса	5-5	Уплотнение, створаживание

Продолжение таблицы 6

8				5-6	Выделение сыворотки
9				5-8	Созревание сыра
10				5-9	Развитие микрофлоры сырной слизи
11	6	P ₁	Сыворотка	6-6	Товарообразование
12	6	O ₂	Сыворотка	6-13	Кислотная обработка
13				6-14	Ультрафильтрация, сушка
14	7	C ₃	Соль поваренная	7-5	Посол
15	8	P ₀	Сыр сортовой	8-10	Обрезание сыра
16				8-11	Крошение сыра
17	9	O ₃	Сырная слизь	–	–
18	10	O ₄	Сырая обрезь	10-11	Перемешивание
19				10-12	Теплообработка
20	11	O ₅	Сырная крошка	11-10	Перемешивание
21				11-12	Теплообработка
22	12	P ₂	Сыр плавленый	–	–
23	13	P ₃	Казеиновый сыр	–	–
24	14	–*	Казеин протеиновый	14-15	Тепловая обработка
25				14-16	Экстрагирование
26	15	P ₄	Минорный белок	–	–
27	16	–*	Сывороточный протеин	16-16	Тепловая обработка
28				16-17	Экстракция вторичной сыворотки
29				16-18	Концентрирование белка
30	17	O ₆	Вторичная сыворотка	–	–
31	18	–*	Концентрат сывороточного белка	18-19	Распылительная сушка
32				18-20	Кислотное разрушение протеина
33				18-21	Ионный обмен и микрофильтрация
34	19	P ₅	Белковый гель	–	–
35	20	P ₆	Гидролизат	–	–
36	21	P ₇	Изолят	–	–

* – промежуточные компоненты в технологии.

В результате имеем: при исходной компонентной сырьевой базе в три компонента мы получаем производственную базу из восьми компонентов и базу отходов в два раза меньшую, чем исходная.

Выводы

В применении к отходообразующим системам технологии, подобные виноделию и сыроварению, могут являться примером с точки зрения подавления отходов в источнике возникновения. Эмпирически показано, что факт появления в системе новых источников энергии, в том числе за счет новых доступных способов воздействия на компоненты системы, приводит систему в сильно неравновесное состояние и позволяет таким образом резко уменьшить отходообразование и увеличить выход совокупной товарной продукции.

Список использованных источников:

1. Разуваев Н.И. Комплексная переработка вторичных продуктов виноделия / Н.И. Разуваев. – Москва, 1975. – 168 с.
2. Волошин В.С. Природа отходообразования / В.С. Волошин. – Мариуполь : Рената, 2007. – 666 с.
3. Пригожин И.Р. От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках / И.Р. Пригожин; под ред. Ю.Л. Климонтовича. – М. : КомКнига, 2006. – 296 с.
4. Винная кислота [Электронный ресурс]. – (<http://www.neboleem.net/vinnaja-kislota.php>).

5. Винная кислота [Электронный ресурс]. – (<http://vesvnorme.net/zdorovoe-pitanie/vinnaja-kislota.html>).
6. А. с. 1010113 СССР, МПК С 12 G 1/02. Способ получения виннокислой извести из барды-отхода винодельческого производства / П.И. Параска, Д.М. Высочанский. – № 3265993/28-13; завл. 24.03.81; опубл. 07.04.83, Бюл. №13.
7. Коротаев А.Г. Использование барды в практике коньячного производства / А.Г. Коротаев, Т.А. Начева // Виноградарство и виноделие. – 1980. – № 23. – С. 38-45.

References:

1. Rasuvaev N.I. *Kompleksnaia pererabotka vtorichnykh produktov vinodeliia* [Complex processing of secondary winemaking products]. Moscow, 1975. 168 p.
2. Voloshin V.S. *Priroda otkhodoobrazovaniia* [Nature of wastes]. Mariupol, Renata Publ., 2007. 666 p. (Rus.)
3. Prigozhin I.R. *Ot sushchestvuiushchego k voznikaiushchemu. Vremia i slozhnost' v fizicheskikh naukakh* [From being to becoming. Time and complexity of physical sciences]. Moscow, Kom-Kniga Publ., 2006. 296 p. (Rus.)
4. *Vinnaja kislota – svojstva, poluchenie, primenenie* [Tartaric acid – properties, production, application] Available at: <http://www.neboleem.net/vinnaja-kislota.php> (accessed 13 February 2017). (Rus.)
5. *Vinnaja kislota – svojstva, primenenie* [Tartaric acid – properties, application] Available at: <http://vesvnorme.net/zdorovoe-pitanie/vinnaja-kislota.html> (accessed 10 December 2016). (Rus.)
6. Paraska P.I., Vysochanskij D.M. *Sposob poluchenija vinnokisloj izvesti iz bardy-othoda vinodel'cheskogo proizvodstva* [Method for obtaining tartaric acid from the bard-waste of wine production]. Certificate of authorship USSR, no. 1010113, 1983. (Rus.)
7. Korotaev A.G., Nacheva T.A. *Ispol'zovanie bardy v praktike kon'iachnogo proizvodstva* [Use of bards in the practice of cognac production]. *Vinogradarstvo i vinodelie – Viticulture and winemaking*, 1980, no. 23, pp. 38-45. (Rus.)

Рецензент: В.А. Маслов
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 24.03.2017

УДК 614.841.345.6

© Ковальов А.І.¹, Ведула С.А.², Грушовичук О.В.³

ОСОБЛИВОСТІ ТА ПРОБЛЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОГНОЗОВАНОГО СТРОКУ ПРИДАТНОСТІ ВОГНЕЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

В статті піднято питання визначення прогнозованого строку придатності покриттів сталевих конструкцій за методикою проведення прискорених випробувань та експериментальне визначення вогнезахисної здатності покриттів сталевих конструкцій після кліматичних випробувань. Відокремлено перелік проблем, що мають місце при визначенні вогнезахисної здатності покриттів сталевих конструкцій після їх кліматичних випробувань, сформульовано мету подальших досліджень та завдання, що необхідно буде розв'язати.

Ключові слова: *прогнозований строк придатності покриття, вогнезахисне покриття, кліматичні випробування, вогнезахисна здатність, вогнестійкість.*

¹ канд. техн. наук, ст. наук. співроб., Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, м. Черкаси, naucovet@ukr.net

² викладач, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, м. Черкаси

³ канд. техн. наук, Державний центр сертифікації ДСНС України, м. Київ