

УДК 628.4.034

© Волошин В.С.*

**К ВОПРОСУ О ПОНИМАНИИ ПРОЦЕССОВ ПОДАВЛЕНИЯ
ОТХОДООБРАЗОВАНИЯ В ИСТОЧНИКЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ**

В статье изучены процессы подавления отходообразования в источнике их возникновения. Проведено сопоставление процессов отходообразования с их энергоэнтропией посредством соответствующей интерпретации известной теоремы И. Пригожина. Минимизация отхода есть ни что иное, как соблюдение соразмерности между оттоком энтропийной составляющей во внешнюю среду и притоком энтропии внутри самой системы. Приведена упрощенная модель «брюсселятора» для условий внешнего сверхслабого энергетического воздействия. Приведены расчетные данные последовательности пространственных стадий химической волны распределения концентраций исходных компонентов в реакциях типа «брюсселятора» и схема бифуркации в процессах самоорганизации внутри производственной системы за счет внешнего энергетического поля (ΔE). Показано, что в применении к отходообразующим системам, условная модель подавления отходообразования в источнике возникновения требует решения в виде поиска оптимального по параметрам энергетического поля для каждого компонента сырьевой базы.

Ключевые слова: отходообразование, энтропия, модель, подавление отходов, источник возникновения, бифуркация, сырьевая база.

Волошин В.С. До питання про розуміння процесів придушення отходообразования в джерелі виникнення. У статті вивчені процеси придушення отходообразования в джерелі їх виникнення. Проведено зіставлення процесів отходообразования з їх енергоентропією допомогою відповідної інтерпретації відомої теореми І. Пригожина. Мінімізація відходу є ні що інше, як дотримання пропорційності між відтоком ентропійному складової в зовнішнє середовище і припливом ентропії всередині самої системи. Наведена спрощена модель «брюсселятора» для умов зовнішнього надслабого енергетичного впливу. Наведено розрахункові дані послідовності просторових стадій хімічної хвилі розподілу концентрацій вихідних компонентів в реакціях типу «брюсселятора» і схема біфуркації в процесах самоорганізації всередині виробничої системи за рахунок зовнішнього енергетичного поля (ΔE). Показано, що в застосуванні до отходообразуючим системам, умовна модель придушення отходообразования в джерелі виникнення вимагає рішення в вигляді пошуку оптимального за параметрами енергетичного поля для кожного компонента сировинної бази.

Ключові слова: відходоутворення, ентропія, модель, придушення відходів, джерело виникнення, біфуркація, сировинна база.

V.S. Voloshin. On the question of the waste generation suppressing processes at the source of their origin. The article studies the suppressing of wastes generation at the source of their origin. The comparison of waste generation processes and their energy-entropy balances through an appropriate interpretation of the well-known Prigogine theorem has been done. Waste minimization is just entropy outflow into the external environment in proportion to the inflow of entropy within the system itself. A simplified «Brusselator» model for external ultraweak energy impact has been provided. The calculated data of the sequence of space stages of the chemical wave of the initial components distribution in the «Brusselator» like reactions and bifurcation diagram in the processes of self-organization within the production system through an external energy field (ΔE) are presented. It has been shown that when applied to waste generation systems, conventional model of suppressing the waste generation at the source of the origin necessitates providing

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

the optimal parameters for the energy field for each component of the resource base.

Keywords: *waste generation, entropy, model, waste generation suppressing, source of origin, bifurcation, resource base.*

Постановка проблеми. Проблема минимизации отходов относится к наиболее актуальным в области обращения с отходами. При этом методы подавления отходообразования в источнике образования, то есть во время реализации технологического процесса соотносятся с вопросами термодинамики этого процесса. Не вызывает сомнения, что такой показатель как неравновесность системы является одним из ключевых в поиске механизмов минимизации отходов в источнике возникновения.

Анализ последних исследований и публикаций. Известная теорема И. Пригожина [1] связывает диссипативные процессы внутри стационарных неравновесных термодинамических систем с минимальным постоянством производства энтропии в зависимости от стационарности самой системы при неизменных параметрах внешней надсистемы. Если же система выходит из стационарного состояния, ее диссипативная функция, согласно теоремы, не сможет стремиться к минимуму. Обязательным условием для этого является требование о том, чтобы система обладала линейными параметрами в феноменологических уравнениях Л. Онсагера. Теорема Пригожина дает широкие возможности к сопоставлению таких понятий, как равновесность и неравновесность, обратимость и необратимость. Автор, в некотором узком диапазоне явлений, фактически противопоставил минимальность производства энтропии для систем в стационарном их состоянии и максимальность энтропии для равновесных систем. На основании этого в работе [2] показано весьма актуальное свойство термодинамического двуединства, как основы для появления потоков полезной продукции и отходов для любой производственной системы. В частности, за счет проявления соотношения неравновесности в разных частях таких систем, как источник получения полезной продукции и отходов, зависящего от характера энергетического воздействия на компоненты сырьевой базы.

Цель статьи – обоснование тезиса о необходимости согласования компонентной базы сырьевых продуктов и имеющихся в технологическом процессе источников энергии, их качества, как основного фактора, способного обеспечить минимизацию отходообразования в источнике возникновения.

Изложение основного материала. Необратимость энтропийных процессов в сильно неравновесных открытых системах по И. Пригожину это не только собственно диссипация. В таких незамкнутых системах, к которым следует относить и все без исключения системы для производства товарной продукции, следует различать два энтропийных потока, обеспечивающих состояние «текущего равновесия» (термин Л. Бертланфи): собственно производство энтропии внутри системы, которое подлежит минимизации, и отток энтропии во внешнюю среду (теорема Пригожина). Если второе превалирует над первым, система способна к синергизму [1].

В нашем случае, когда мы пытаемся изучать процессы отходообразования, это означает, что система способна производить некоторую продукцию, как результат реализации процессов самоорганизации.

Имеет право на существование следующий умозрительный образ, который в некоторой степени открывает возможности для сопоставления процессов отходообразования с их энергоэнтропикой посредством соответствующей интерпретации известной теоремы И. Пригожина.

Отходообразующие процессы с точки зрения термодинамики в любой системе производства – это своеобразная расплата, которую мы несем в виде совокупной энтропии из системы во внешнюю среду для того, чтобы остальная часть системы могла самоорганизоваться ради целенаправленного продуцирования. Если это так, то вполне объективным еще раз становится тезис о том, что безотходных производств не бывает. По И. Пригожину, в незамкнутой открытой системе происходит стандартный процесс роста энтропии, который может быть уравновешен только оттоком этой энтропии во внешнюю среду с постоянными параметрами. Если этот отток превалирует над получением энтропии внутри самой системы, то такая система упрощенно способна к самоорганизации. Поэтому любая производственная система становится способной к таким действиям тогда и только тогда, если присутствует ее диссипативная часть в виде некоторого отхода.

Минимизация отхода в таком представлении есть ни что иное, как соблюдение соразмерности между оттоком энтропийной составляющей во внешнюю среду и притоком энтропии внутри самой системы. Это соотношение может являться ключевым для понимания процессов отходообразования. Они, в первую очередь, связаны с качеством подаваемой в систему энергии, способной «переварить» большую часть компонентов многокомпонентной сырьевой базы, но и способной обеспечить отток той части энтропии, которая даст возможность обеспечить самоорганизацию другой части этого сырья в полезную продукцию.

С точки зрения неравновесной термодинамики также очевидным является утверждение о том, что чем больше производится полезной продукции, тем больше образуется отходов. Причем этот процесс необратим и во многом статистически неопределим. Он бифуркационен по своей сути.

Случайность, вероятность, выбор, бифуркация. Перечень этих понятий, впервые в таком сочетании введенных И. Пригожиным [3], весьма точно отражает процессы случайного выбора в любой производственной системе, предназначенной для получения полезной продукции.

Безусловно, такая интерпретация теоремы Пригожина весьма упрощена и мы не имеем пока достоверной практики, кроме логики. Но она существует, по крайней мере, в расчетах.

Обратимся к упрощенной математической модели «брюсселятора» с точки зрения ее возбудимости другими, кроме указываемых авторами, способами. Если мы набрались смелости ассоциировать модель «брюсселятора» с самым упрощенным технологическим процессом, а также с процессами отходообразования [2], мы можем претендовать на то, чтобы созданием условий для внешнего возбуждения переориентировать компоненты сырьевой базы (X , Y) в готовую продукцию (π), в пределе, максимально исключив их из состава отходообразующих компонентов (ρ). Например, при помощи внешнего возбуждающего энергетического поля определенного качества.

В первом приближении такая модель отражает условия устойчивости в химической реакции. В основе таких реакций химическое превращение вещества в присутствии некоторого катализатора, процесс восстановления которого в реакции носит циклический характер. И. Пригожин достаточно умело показывает, что в таком циклическом процессе может участвовать и диффузионные явления и тогда циклический химический процесс приобретает качества физико-химического процесса [4]. Спектр таких реакций в естествознании и, в частности, в промышленности весьма широк. При этом можно предполагать некоторые спонтанные флуктуации параметров при распределении веществ, участвующих в реакции по всему объему. В этом случае предельный цикл «брюсселятора» превращается в периодический процесс с некоторой частотой f (т. н. «химические часы» Пригожина) и изменяющейся амплитудой концентраций компонентов $X(Y)$ вокруг стационарного фокуса S , являющегося производной от концентраций исходных и результирующих веществ в «брюсселяторе» [4]. Поэтому следует понимать, что частотная реакция «брюсселятора», в равной степени, как и диффузионные процессы, становится равноправной составляющей физико-химического состояния системы [5, 6]. Безусловно, это относится далеко не ко всем подобным моделям. Тем не менее, создание условий для управления структурной устойчивостью и ее порядком посредством внешней искусственной флуктуации применимо к определенному кругу задач в области термодинамических систем. «Брюсселятор» ценен тем, что описывает реальную модель самоорганизации не только с учетом явлений диффузии и осцилляции, которые кстати также являются нормой энергетического воздействия. Возбуждение внешними периодическими колебательными воздействиями, в особенности при особо малых энергиях, в таких моделях могут давать широкий круг возможностей влиять на их устойчивость, а значит для них быть способными к самоорганизующимся процессам. И. Пригожин называет такую ситуацию порядком через флуктуацию [3].

Нас может интересовать, как поведет себя подобная модель в случае возбуждения дополнительным искусственным источником, в виде внешнего сверхслабого возбуждающего физического воздействия, например, при помощи внешнего механического частотного поля, например, сверхслабой вибрацией, или при помощи сверхслабого электромагнитного или радиационного поля высокой частоты и т. д. (рис. 1). В результате можно получить либо ускорение физико-химических процессов, либо разрушение цикличности реакции $X(Y)$ в сторону от предельного фокуса S в соотношении концентраций. Не исключаются при этом и резонансные явления, которые самостоятельно способны сделать систему заранее неустойчивой [7].

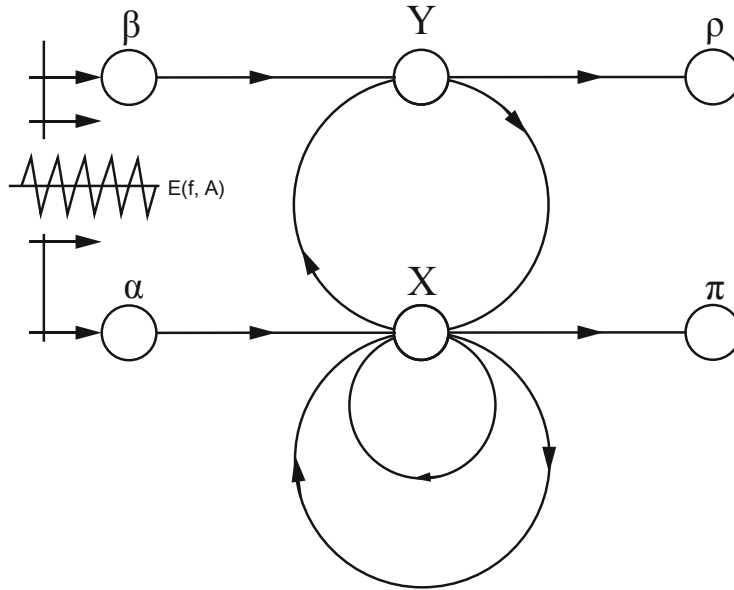


Рис. 1 – Упрощенная модель «брюсселятора» для условий внешнего сверхслабого энергетического воздействия $E[(X), f]$

Альтернативная система имеет отличие от основной, описываемой уравнениями [3]:

$$[\alpha] \rightarrow x, \tag{1}$$

$$[\beta] + x \rightarrow y + (\rho), \tag{2}$$

$$2x + y \rightarrow 3x, \tag{3}$$

$$x \rightarrow (\pi). \tag{4}$$

А именно, в ней принимает участие уравнение слабого энергетического воздействия, отвечающее условию $\lim_{\substack{x \rightarrow \pi \\ y \rightarrow \rho}} \Delta E(x/y) = 0$, при соотношении $E = E[(X), f] = var$. Здесь

$(X) \sim A$ – амплитуда колебания концентраций соответствующего параметра; f – частота внешнего энергетического воздействия.

Попробуем, по крайней мере, в первом приближении определить, существуют ли условия, при которых внешнее периодическое энергетическое воздействие, при сверхслабых частотах и амплитудах, приведет к сохранению цикличности в данной модели.

Для физико-химических процессов, описываемых И. Пригожиным в «брюсселяторе», однородность системы подтверждается в ее равновесном или слабонервновесном состояниях, таким образом, что даже слабая диффузия (это тоже сверхслабое энергетическое поле) имеет начальную пространственную симметрию [8]. Для «брюсселятора», находящегося под влиянием внешнего возбуждающего энергетического поля $E[(X), f]$, теряется понятие системной неустойчивости. И только в некотором минимальном по частоте f и амплитуде (X) внешнем воздействии однородность системы нарушается сразу при переходе из равновесного состояния даже в слабонервновесное. При этом упорядоченность и цикличность в системе сохраняется (рис. 2) на протяжении некоторого времени T .

Колебания во времени переменных параметров X сохраняется. И при $f = 0$ данные почти полностью совпадают с данными [3]. Но в некотором предельном пространственном диапазоне такие колебания несут следы самоорганизации, в частности, подтверждаемые периодически появляющейся колебаний. Возникает ситуация, когда в системе появляется область нескольких стационарных состояний для одного и того же параметра. В исследованиях И. Пригожина такого не наблюдалось.

Влияние сверхслабого возбуждающего энергетического воздействия, прежде всего испытывают параметры пространственного распределения концентраций $(\alpha, \beta \dots)$ веществ, принимающих участие в «брюсселяторе». Если в исходной модели можно считать их распределение

почти равномерным, то, согласно И. Пригожину, эта равномерность концентраций усиливается до предела («синие» и «красные» молекулы в модели Пригожина), и способствует разупорядочению системы. При этом теряется способность к самоорганизации. А сверхслабое возбуждающее частотное поле способствует даже в самом малом объеме появлению периодического изменения поля концентраций, флуктуации его параметров, оказывая таким образом влияние на развитие процессов самоорганизации.

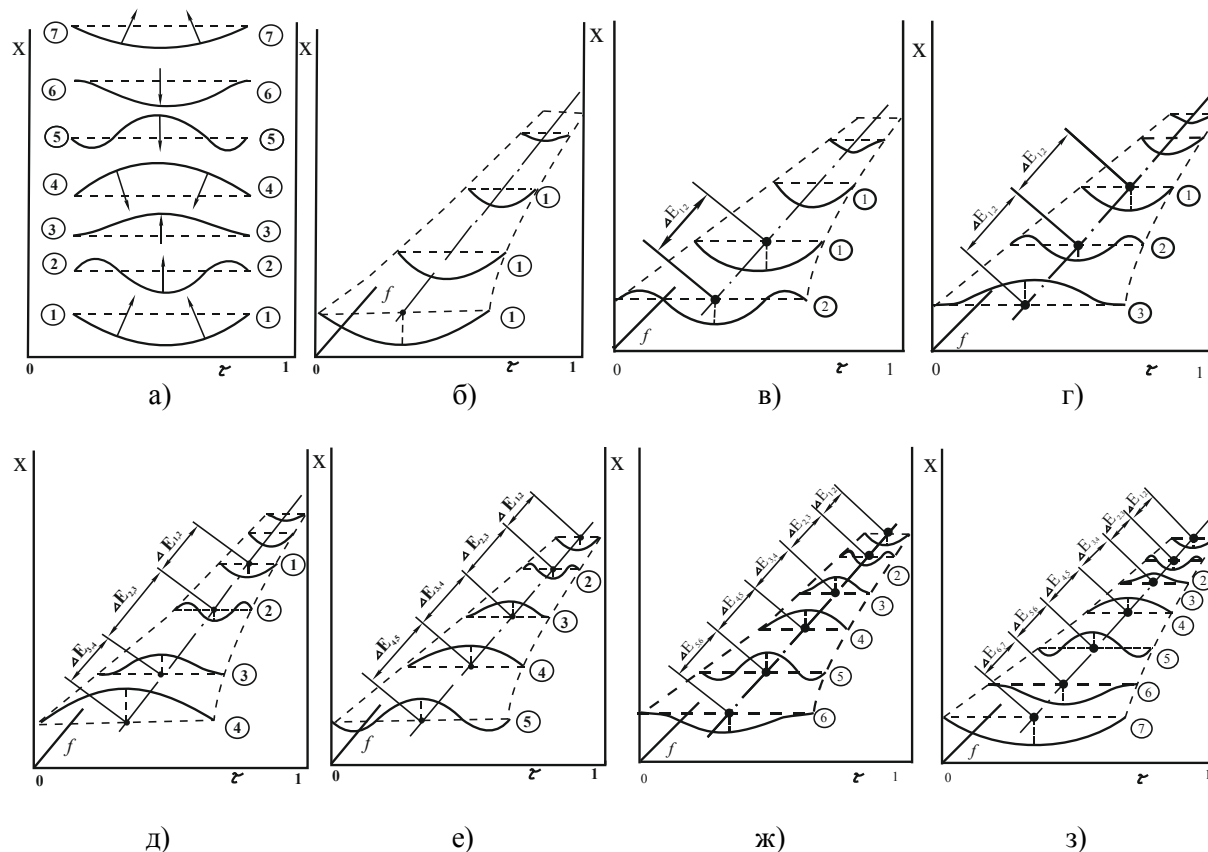


Рис. 2 – Расчетные данные последовательности пространственных стадий химической волны распределения концентраций исходных компонентов в реакциях типа «брюсселятора» при $\Delta\tau = 0,53 \text{ с}$ при коэффициентах диффузии, равных $35 \cdot 10^{-5}$ и $17,5 \cdot 10^{-5}$. Концентрация компонент $A = 1, B = 2,75; (1 + A^2 < B), T = 3,88 \text{ с}$

Если однородность диффузной системы подчеркивается для равновесного или слабонервновесного состояния, когда система пространственно однородна, то в случае внешнего сверхслабого возбуждающего энергетического поля $E[(X), f]$ однородность может иметь место только в системах, находящихся в строго равновесном состоянии. Любой выход реагентной системы из состояния равновесия влечет за собой появления новых типов неустойчивости, при которой нарушается исходное состояние пространственной симметрии (см. рис. 2).

Однако если свести параметры внешнего волнового воздействия к минимальному пределу (первая фаза на рис. 2, б-з), не убирая их, система будет способна самостоятельно входить в состояния сильного неравновесия и становится способной к самоорганизации в самом небольшом временном интервале. Об этом свидетельствует процедура затухания частотного сигнала X на рис. 3. Такая характеристика отражает критическое поведение энергетической функции при тех же значениях параметров, что и на рис. 2.

Ранее мы утверждали, что для каждого компонента многокомпонентной сырьевой базы некоторой производственной системы должен существовать соответствующий энергетический источник преобразования, отвечающий за изменение своего конкретного компонента [2]. В качестве такого источника энергии, кроме основного, принимающего участие в данном техноло-

гическом процессе, может существовать налагаемое поле иного качества: *синхронизирующий энергетический сигнал, вторичное энергетическое воздействие, энергетическая модуляция сильного сигнала более слабым, резонансное воздействие и др.*

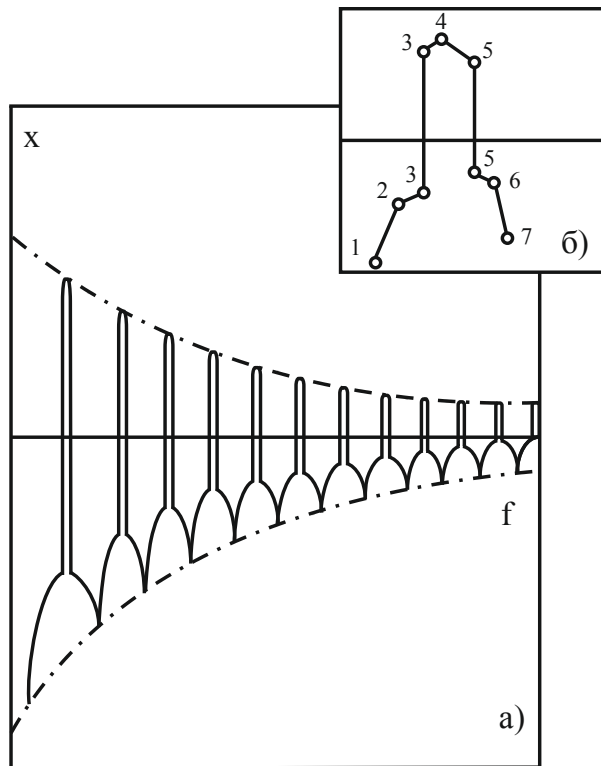


Рис. 3 – Амплитудно-частотная характеристика пространственного сигнала (X) по алгоритму распределения [3]

Учитывая многокомпонентность ее сырья и избирательность источников энергии, следует понимать, что от согласованности, видов и качества энергии, используемой в производственных системах зависит то, какие компоненты сырьевой базы окажутся в отходах, а какие будут преобразованы и станут полезной продукцией (рис. 4). Традиционная технология получения полезной продукции “ P_1 ” подразумевает ее узкую номенклатуру при широкой номенклатуре компонентов базы отходов [3]. В строгом соответствии с теоремой Пригожина [1] следует разделять те компоненты сырьевой базы, которые могут при помощи дополнительной энергии получить вид продукции обладающей полезными свойствами (“ P_2 ”, “ P_3 ”, ..., “ P_5 ”), но при этом обязательно останутся те компоненты, которые в виде «платы» за синергию в системе уйдут в отход (в частности, кроме “ O_1 ”÷“ O_4 ” еще и “ O_5 ”, см. рис.4, б). По крайней мере, если традиционно $\sum "O_i" > \sum "P_k"$ (см. рис. 4, а), то при энергетической модуляции (ΔE), использовании широкого спектра иных источников энергии, позволяющих перерабатывать другие компоненты сырьевой базы можно существенно увеличить производственную базу существующей производственной системы? доведя ее до состояния, по крайней мере, $\sum "P_k" \sim \sum "O_i"$ (см. рис. 4, б). Причем в основе выбора своего пути для таких компонентов в каждом случае лежит точка бифуркации, как выбор между способностью некоторого компонента просто уйти в отход, либо претерпев некоторые изменения, связанные с дополнительным энергетическим воздействием, удержаться в системе в качестве обладающего полезными свойствами продукта (см. рис. 4).

И. Пригожин подчеркивает, что для заданных граничных условий в сильно неравновесной системе могут существовать не одно, а несколько стационарных состояний, в частности, в зависимости от содержания исходного вещества (α) [3]. Поэтому, вариантов, при которых будет создано условие для сильной неравновесности в реакциях получения отходов, может быть, по крайней мере, несколько.

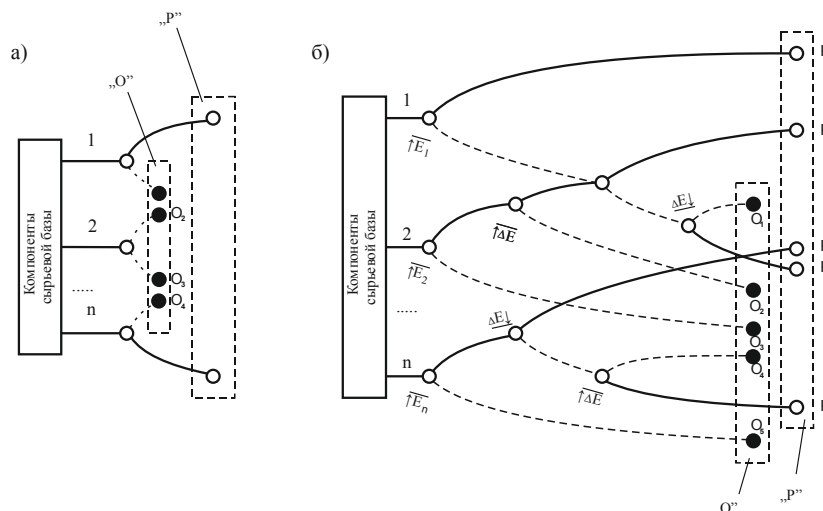


Рис. 4 – Бифуркации в процессах самоорганизации внутри производственной системы за счет внешнего энергетического поля (ΔE)

В случае технических систем, ответственных за получение продукции и отходов следует указать, по крайней мере, каким должен быть этот энергетический источник, его характеристики. «Брюсселятор» с внешним возбуждающим энергетическим полем может в первом приближении давать такую подсказку. По крайней мере, один из ответов следует искать в направлении слабоэнергетического высокочастотного модулирующего воздействия.

Выводы

В применении к отходообразующим системам, условная модель подавления отходообразования в источнике возникновения требует собственного решения в виде поиска оптимального по параметрам энергетического поля для каждого компонента сырьевой базы. Это поле, которое в двуединой термодинамической системе «продукция-отход» любого подобного технологического процесса позволило бы искать условия для создания сильной неравновесности в той её области, которая раньше считалась близкой к равновесию и отвечала за преобразования сырья в некоторый отход. Этот тезис ждет своего экспериментального подтверждения в самых различных технологиях.

Список использованных источников:

1. Гленсдорф П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций / П. Гленсдорф, И. Пригожин. – М. : Мир, 1973. – 280 с.
2. Волошин В.С. Природа отходообразования / В.С. Волошин. – Мариуполь : Рената, 2007. – 666 с.
3. Пригожин И.Р. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой: пер с англ. / И.Р. Пригожин, И. Стингерс; под ред. В.И. Аршанова, Ю.Л. Климонтовича, Ю.В. Сачкова. – 5-е изд. – М. : КомКнига, 2005. – 296 с.
4. Пригожин И.Р. Химическая термодинамика / И.Р. Пригожин. – 2-е изд., перераб. – М. : Бинном, 2010. – 533 с.
5. Пригожин И.Р. От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках: пер с англ. / И.Р. Пригожин; под ред. Ю.Л. Климонтовича. – 3-е изд. – М. : КомКнига, 2006. – 296 с.
6. Prigogine I. The Second law as a Selection Principle: The Microscopic Theory of Dissipative Processes in Quantum Systems / I. Prigogine, C. George // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1983. – Vol.80. – Pp. 4590-4594.
7. Winfree A. Rotating Chemical Reactions / A. Winfree // Scientific American. – 1974. – Vol. 230. – Pp. 82-95.
8. Пригожин И.Р. Неравновесная статистическая механика: пер. с англ. / И.Р. Пригожин; под ред. Д.Н. Зубарева. – 3-е изд. – М. : Мир, 1964. – 314 с.

References:

1. Glensdorf P., Prigozhin I. *Termodinamicheskaia teoriia struktury, ustoichivosti i fluktuatsii* [Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuations]. Moscow, Mir Publ., 1973. 280 p. (Rus.)
2. Voloshin V.S. *Priroda otkhodoobrazovaniia* [Nature of wastes]. Mariupol, Renata Publ., 2007. 666 p. (Rus.)
3. Prigozhin I.R., Stingers I. *Poriadok iz khaosa. Novyi dialog cheloveka s prirodoi* [Order out of chaos. Man's new dialogue with nature]. Moscow, KomKniga Publ., 2005. 296 p. (Rus.)
4. Prigozhin I.R. *Khimicheskaiia termodinamika* [Chemical thermodynamics]. Moscow, Binom Publ., 2010. 533 p. (Rus.)
5. Prigozhin I.R. *Ot sushchestvuiushchego k voznikaiushchemu. Vremia i slozhnost' v fizicheskikh naukakh* [From being to becoming. Time and complexity of physical sciences]. Moscow, KomKniga Publ., 2006. 296 p. (Rus.)
6. Prigogine I., George C. The Second law as a Selection Principle: The Microscopic Theory of Dissipative Processes in Quantum Systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1983, vol.80, pp. 4590-4594.
7. Winfree A. Rotating Chemical Reactions. *Scientific American*, 1974, vol. 230, pp. 82-95.
8. Prigozhin I.R. *Neravnovesnaia statisticheskaiia mekhanika* [Non-equilibrium statistical mechanics]. Moscow, Mir Publ., 1964. 314 p. (Rus.)

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

Статья поступила 05.10.2016

УДК 628.4.043

© Коцюба І.Г.*

ПРОГНОЗУВАННЯ СЕЗОННОГО МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ М. ЖИТОМИРА

В статті подано аналіз системи логістики твердих побутових відходів (ТПВ) першочерговим шляхом моделювання й прогнозування системи накопичення, поводження з твердими побутовими відходами. Визначено сезонну динаміку морфологічного складу ТПВ м. Житомира. Вивчений вплив різноманітних чинників на морфологічні властивості відходів міста. Проаналізовано сезонну динаміку морфологічного складу відходів з контейнерних майданчиків міста та звалища ТПВ міста. Визначено можливість використання запропонованого способу збирання відходів в зоні впливу звалища ТПВ м. Житомира.

Ключові слова: полігон, тверді побутові відходи, звалище, стічні води, сухий залишок.

Коцюба І.Г. Прогнозирование сезонного морфологического состава твердых бытовых отходов г. Житомира. В статье приведен анализ системы логистики ТПВ первоочередным путем моделирования и прогнозирования системы накопления, обращения с твердыми бытовыми отходами. Определена сезонная динамика морфологического состава ТПВ г. Житомира. Изученное влияние разнообразных факторов на морфологические свойства отходов города. Проанализирована сезонная динамика морфологического состава отходов из контейнерных площадок города и свалки ТПВ города. Определена возможность использования предложенного способа сбора отходов в зоне влияния свалки ТПВ г. Житомира.

Ключевые слова: полигон, твердые бытовые отходы, свалка, сточные воды, сухой остаток.

* канд. техн. наук, доцент, Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир, kotsuba28@yandex.ua