



БЕЗОПАСНОСТЬ В ТЕХНОСФЕРЕ 6/2017

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

Подписные индексы: «Роспечать» – 18316, «Пресса России» – 11237

- Лазерный контроль загрязнения атмосферы
- Геозкологические преобразования в техногенной среде
- Интенсификация очистки сточных вод виброакустическим воздействием
- Эффективность огнетушащих составов
- Новый метод оценки производственных рисков
- Применение динамического программирования в управлении профессиональными рисками
- Оценка уровня энерго- и ресурсосбережения
- Использование сельскохозяйственных отходов в энергетике

Оценка уровня ресурсо- и энергосбережения для технологий очистки выбросов, сбросов и обращения с отходами

Л.Н. Григорьев, профессор, д-р техн. наук,
О.А. Шанова, заведующий кафедрой, канд. техн. наук,
А.Э. Оревинина, магистрант

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна

e-mail: grig.lev@mail.ru

Ключевые слова:

наилучшие доступные технологии,
материальный баланс,
эффективность,
ресурсы,
выбросы,
сбросы,
отходы,
очистка,
адсорбция.

Рассмотрены способы оценки уровня ресурсо- и энергосбережения промышленного предприятия, а также уровня негативного воздействия его на окружающую среду. Выявлены недостатки способов оценки, предложены пути их совершенствования. Показана возможность использования уравнений материального баланса для оценки эффективности систем сокращения выбросов и сбросов загрязняющих веществ и обращения с отходами с учетом уровня использования сырьевых материалов, веществ, энергии. Возможность практического применения предложенного способа оценки экологических технологий показана на конкретном расчетном примере.

1. Введение

В соответствии с законом РФ Ф3-219 от 24.07.2014 г. для производств, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду (ОС), необходимо внедрять наилучшие доступные технологии (НДТ). В настоящее время формируется банк данных о таких технологиях, который пока ограничивается, по существу, перечислением известных технологий без их анализа применительно к конкретным ситуациям. В связи с этим представляется важным, с учетом определения НДТ, поиск показателя, позволяющего определить из нескольких известных технологий наилучшую доступную.

Для оценки уровня различных промышленных технологий предложен ряд критериев, из которых наиболее известен эксергетический коэффициент полезного действия, широко применяемый в энергетике [1], химических и нефтехимических производствах [2]. Для оценки уровня химических технологий разработаны способы, основанные на использовании уравнений материального и экологического [3], материального, энергетического и экологического балансов [4]. В статье [5] предложено использовать

критерий (показатель эффективности технологии — ПЭТ), включающий элементы эксергетического и материального балансов. Отмеченные критерии позволяют оценить уровень использования материальных и энергетических ресурсов, а также уровень негативного воздействия технологии (производства) на окружающую среду. Однако они, за исключением ПЭТ, не предусматривают рассмотрение конкретных экологических технологий, позволяющих сократить уровень загрязнения окружающей среды до установленных экологических нормативов, ограничиваясь установлением необходимости и требуемой эффективности сокращения выбросов и сбросов ЗВ, обращения с отходами. Следует отметить, что применение критерия ПЭТ требует определенной химической подготовки, кроме того, расчет критерия во многих случаях представляется достаточно сложным, уступая в этом отношении более простым критериям, полученным на основе уравнений материального баланса.

Цель работы — выбор критерия для оценки НДТ очистки и обезвреживания выбросов и сбросов загрязняющих веществ (ЗВ), обращения с отходами.

2. Расчетная часть

Для достижения цели был использован метод материального баланса, на основе которого проанализирована возможность применения разработанных ранее критериев [3, 4]. Согласно источникам [3, 4] уровень ресурсо- и энергосбережения с учетом воздействия на окружающую среду оценивается с помощью критерия «безотходности» K , который представлен в форме следующей неявной функции:

$$K = f(K_M, K_{Эн}, K_{Эк}), \quad (1)$$

где K_M — коэффициент полноты использования материальных ресурсов; $K_{Эн}$ — коэффициент полноты использования энергетических ресурсов; $K_{Эк}$ — коэффициент соответствия экологическим требованиям.

При расчетах в [3, 4] неявную функцию (1) представляют в виде произведения коэффициентов K_M , $K_{Эн}$ и $K_{Эк}$:

$$K = K_M \cdot K_{Эн} \cdot K_{Эк}, \quad (2)$$

что нельзя признать корректным, поскольку каждый из множителей является не просто натуральным числом, но числом, имеющим физический смысл. Нетрудно также заметить, что расчет по (2) приводит к явно заниженным результатам; например, при условном равенстве каждого коэффициента — 0,90 общий коэффициент $K = 0,729$. При выборе НДТ представляется целесообразным оценивать K как среднее арифметическое из коэффициентов K_i , каждый из которых характеризует эффективность использования, соответственно, сырьевых материалов, энергии и требуемую эффективность сокращения негативного воздействия на окружающую среду конкретной технологии. При этом нетрудно убедиться, что изменение каждого фактора проявляется в определенном интервале значений более равномерно по сравнению с выражением (2) и в заметной взаимосвязи.

Также, как K , целесообразно рассчитывать и $K_{Эк}$.

Если относительное квадратичное отклонение (v) не превышает 15–25%, то представляется возможным (по аналогии, например, с требованиями к сходимости балансов, требованиями к погрешностям аналитического определения веществ) принять за итоговое значение K среднее арифметическое значений K_i . При больших отклонениях следует ориентироваться на наименьшее значение K_i .

Для расчета K_M в [3] и [4] используется, по существу, одинаковое по форме соотношение:

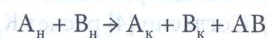
$$K_M = \frac{P_0}{M_0 + M_B}, \quad (3)$$

где P_0 — масса продукции основного производства; M_0 , M_B — масса соответственно основных и вспомогательных сырьевых веществ и материалов.

Вполне понятно, что использование выражения (3) для оценки величины K_M в основных технологиях, где одним из главных показателей является выход целевого продукта. Однако при реализации технологий сокращения выбросов, сбросов и отходов важным является обеспечение в первую очередь требуемого по экологическим нормативам остаточного количества загрязняющих веществ (ЗВ), остатков сырьевых материалов и новых веществ, в том числе и таких, которые могут быть использованы. Все эти вещества и материалы наряду с продуктами, которые могут быть использованы, также должны включаться в уравнение материального баланса и неучет их обуславливает увеличение погрешности определения K_M . В этом отношении для систем сокращения выбросов, сбросов и отходов представляется целесообразным исходить из полного практического уравнения материального баланса, а уровень использования материальных ресурсов оценивать по показателю эффективности

$$\eta = \left(1 - \frac{c_k}{c_n}\right) \quad \text{или} \quad \eta = \left(1 - \frac{M_k}{M_n}\right),$$

где c_k — конечная (остаточная) концентрация ЗВ в системе, c_n — начальная его концентрация; M_n , M_k — соответственно, начальная и конечная масса ЗВ. При этом коэффициент K_M приобретает смысл эффективности использования материальных ресурсов и может быть представлен, например, для сорбционных технологий сокращения выбросов типа



(здесь A_n , B_n — масса исходных, соответственно, ЗВ и сырьевого компонента, участвующих в процессе в различных фазовых состояниях; A_k , B_k — остаточная масса ЗВ и сырьевого компонента в различных фазовых состояниях — газовом, жидком, твердом, др.; AB — масса продукта взаимодействия ЗВ и сырьевого компонента) в следующей форме:

$$K_M = 1 - \frac{(A_k - \eta_A A_k) + (B_k - \eta_B B_k) + (AB - \eta_{AB} AB)}{(A_n + B_n)}, \quad (4)$$

где η_A , η_B , η_{AB} — степень полезного использования остаточных реагентов и продуктов их превращения

в системе очистки или обезвреживания выбросов, сбросов, отходов.

При этом очевидно, что образующиеся новые компоненты и ЗВ в выбросах, сбросах или отходах, которые могут быть использованы, способствуют увеличению коэффициента K_M .

Коэффициент $K_{Эн}$ (коэффициент эффективности использования различных видов энергии) рассчитывается аналогично (по форме) коэффициенту K_M на основе уравнения энергетического баланса, как это предложено в [5]:

$$K_{Эн} = 1 - \frac{\sum(E_n - \alpha E_i)}{\sum E_0} \quad (5)$$

где E_n — суммарные потери энергии на различных стадиях системы сокращения выхода ЗВ в окружающую среду за вычетом полезно используемых потерь с учетом степени их использования; $\sum E_0$ — суммарная энергия, подводимая в систему; α — доля полезно использованной энергии.

Для расчета коэффициента соответствия производства экологическим требованиям ($K_{ЭК}$) в [3] предложена формула:

$$K_{ЭК} = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\text{НДВ}_i + \text{НДС}_i)}{\sum_{i=1}^n (M_{vi} + M_{ci})} \right] \quad (6)$$

где НДВ_i , НДС_i — нормативы допустимых выбросов и сбросов конкретного ЗВ; M_{vi} — фактическое значение массы i -го выбрасываемого (в) вещества, M_{ci} — сбрасываемого (с) вещества.

В [4] для определения $K_{ЭК}$ исходят из зависимости — $K_{ЭК} = f(K_B, K_C)$, в которой K_B , K_C — коэффициенты соответствия выбросов и сбросов ЗВ установленным нормативам допустимых выбросов (НДВ) и сбросов (НДС). Согласно [4] расчет $K_{ЭК}$ для нескольких ЗВ, например, от одного источника выбросов (аналогично и для источника сбросов) проводится следующим образом:

$$K_B = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{M_{vi} - \text{НДВ}_i}{\text{ПДК}_i} \right)}{\sum_{i=1}^n \frac{M_{vi}}{\text{ПДК}_i}} \right] \quad (7)$$

Можно видеть, что применительно к одному ЗВ данная формула приводится к виду:

$$K_B = 1 - \left(\frac{M_v - \text{НДВ}}{M_v} \right) = 1 - 1 + \frac{\text{НДВ}}{M_v} = \frac{\text{НДВ}}{M_v} \quad (8)$$

Из отмеченного следует, что при расчете $K_{ЭК}$ для одного ЗВ значение его ПДК исключается, а для нескольких ЗВ учитывается. Это вызывает определенное сомнение в адекватности получаемого расчетного результата. При этом отсутствует обоснование физического смысла включения в формулу (7) показателя ПДК и суммирования экологических нормативов в (6) и (7) для разных ЗВ и в различных фазах. Кроме того, можно отметить, что формулы (3, 6, 7) не содержат показателя, характеризующего отходы. Это обусловлено, в частности, малым перечнем разработанных ПДК для многих компонентов отходов в почве, а также недостаточно четким определением, в отличие от показателей НДВ и НДС, допустимого для окружающей среды количества отходов.

Учитывая трудности, обусловленные отсутствием значений ПДК в почве для многих компонентов отходов, была оценена значимость их при использовании в формуле (7). В качестве примера использовали данные, приведенные в [5] при расчете коэффициента соответствия экологическим требованиям выбросов производства карбамидоформальдегидной смолы марки КФ-Ж в атмосферу. В составе выбросов содержатся формальдегид, метанол и аммиак; ЗВ в сточных водах отсутствуют ($K_C = 0$, $K_{ЭК} = K_B$). Исходные данные для расчета приведены в таблице.

Расчет $K_{ЭК}$ по формуле (6) приводит к значению $K_{ЭК} = 0,990$. При расчете по той же формуле, но без учета значений ПДК, получаем $K_{ЭК} = 0,987$. Относительное стандартное отклонение составляет: $v = 0,21\%$. Полученное значение свидетельствует об отсутствии значимого влияния ПДК на результат расчета $K_{ЭК}$.

В связи с отмеченным представляется возможным рассчитывать коэффициент $K_{ЭК}$ без учета значения ПДК, а коэффициенты K_B , K_C и K_0 рассчитывать для каждого ЗВ и отдельно для каждого его фазового состояния и источника выброса, сброса и образования отхода; итоговые значения определять как среднее арифметическое или минимальное, в зависимости от значения относительного среднего ква-

Таблица
Исходные данные для расчета $K_{ЭК}$

| Загрязняющее вещество | Источник выброса | Фактический выброс, кг·ч ⁻¹ | ПДК _{ср} , мг·м ⁻³ | НДВ, кг·ч ⁻¹ |
|-----------------------|----------------------------------|--|--|-------------------------|
| Формальдегид | Смеситель | 0,100 | 0,012 | 0,091 |
| Метанол | | 1,200 | 0,500 | 1,198 |
| Формальдегид | Выпарной аппарат | 0,132 | 0,012 | 0,129 |
| Метанол | | 1,200 | 0,500 | 1,198 |
| Аммиак | Емкость водного раствора аммиака | 4,400 | 0,200 | 4,399 |

дратического отклонения (v), как это показано выше. При этом удастся избежать необходимости суммирования НДС, НДС и НОО (норматив образования отхода) для разных ЗВ и их фазовых состояний.

Таким образом, исходя из принятого понятия эффективности, расчет коэффициента $K_{э\text{к}}$ предлагается выполнять при оценке систем защиты окружающей среды по формуле:

$$K_{э\text{к}} = (K_{\text{в}} + K_{\text{с}} + K_{\text{о}}) / 3, \quad (9)$$

При этом для нескольких источников выбросов конкретного ЗВ имеем:

$$K_{\text{в}} = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n \text{НДВ}_i}{\sum_{i=1}^n M_{\text{фи}}} \right), \quad (10)$$

где n — число источников загрязнения атмосферного воздуха данным ЗВ; $M_{\text{фи}}$ — фактическая масса ЗВ, отводимого от источника загрязнения.

Аналогичная формула справедлива и для расчета коэффициента $K_{\text{с}}$ (при этом НДВ_i заменяется на НДС_i , $M_{\text{фи}}$ — масса ЗВ, отводимая от источника загрязнения с сточной водой) и $K_{\text{о}}$ (в числителе будет НОО, в знаменателе — фактическая масса образовавшегося отхода на момент удаления его с территории предприятия).

Для смеси ЗВ имеем: $K_{\text{в}} = \sum_{i=1}^n K_{\text{в}i} / n$ (здесь n — число ЗВ). При расчете $K_{\text{в}}$ с учетом суммарного выброса смеси ЗВ можно воспользоваться выражением:

$$K_{\text{в}} = \left[\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{\text{НДВ}_i}{M_{\text{фи}}} \right) \right] / n. \quad (11)$$

Изложенные выше изменения в способах применения уравнений материального, энергетического и экологического балансов продемонстрируем на примере установки очистки сточных вод фармацевтического производства от левомицетина (ЛМЦ). Источником образования ЛМЦ в сточных водах являются стадии выделения и очистки его из культуральной жидкости.

Исходные данные для расчета: расход сточной воды — $5,0 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$; концентрация ЛМЦ в сточной воде — $50 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$; метод очистки — адсорбционный, адсорбент — активный уголь (АУ) марки СКТ, масса загрузки угля — 150 кг , время работы до появления за слоем проскоковой концентрации ЛМЦ в очищенной сточной воде ($c_{\text{к}}$) — 40 ч ; в связи с отсутствием значения ПДК для ЛМЦ в воде различных категорий его концентрация на выходе из установки очистки должна быть принята равной нулю. Однако в дей-

ствительности это значение определяется условиями отбора проб на анализ и чувствительностью аттестованной методики анализа. Примем в данном примере $c_{\text{к}} = 0,050 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$; масса ЛМЦ в исходной сточной воде — $M_{\text{о}} = 10,0 \text{ кг}$ (за 40 ч работы), в очищенной воде — $M_{\text{к}} = 0,440 \text{ кг}$ (за 40 ч работы); $\text{НДС}_{\text{лмц}} = 0,4 \text{ кг}$ (за 40 ч) или $0,010 \text{ кг} \cdot \text{ч}^{-1}$, выбросы в атмосферу отсутствуют по условиям технологии ($\text{НДВ}_{\text{лмц}} = 0$), норма образования АУ принимается равной его фактическому образованию — $\text{НО}_{\text{АУ}} = 150,0 \text{ кг}$ (за 40 ч).

Технологию адсорбционной очистки сточной воды можно представить в двух вариантах, каждый из которых должен обеспечить практически полную очистку сточной воды от ЛМЦ: 1) без регенерации АУ; 2) с регенерацией АУ. Схема установки очистки приведена на рисунке.

В соответствии с первой технологией сточная вода пропускается через слой загрузки активного угля до появления минимально обнаруживаемой концентрации ЛМЦ в очищенной сточной воде. После этого уголь выгружается из адсорбера и заменяется на новый; отработанный уголь переходит в отход. Рассчитаем для данной схемы основные показатели. Расчет выполнен, исходя из времени работы разовой загрузки активного угля, равной 40 ч .

В общем виде схему по варианту 1) можно представить в виде



где $\text{ЛМЦ}_{\text{св}}$ — масса ЛМЦ, поступающая в адсорбер в составе сточной воды; $\text{ЛМЦ}_{\text{осв}}$ — то же в составе сбрасываемой очищенной сточной воды; АУ-ЛМЦ — новый продукт, представляющий отработанный уголь с адсорбированным ЛМЦ.

В соответствии со схемой, исходными данными и формулой (4) определяем показатель $K_{\text{м}}$

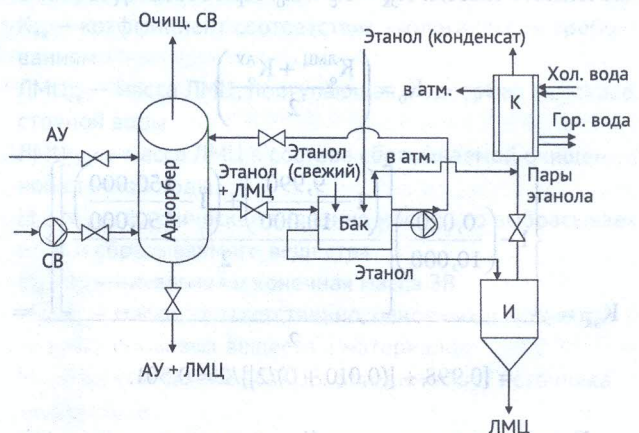


Рис. Схема установки очистки сточных вод

$$K_M = 1 - \frac{\text{ЛМЦ}_{\text{осв}} + \text{АУ} - \text{ЛМЦ}}{\text{ЛМЦ}_{\text{св}} + \text{АУ}} = 1 - \frac{0,400 + (9,600 + 150,000)}{10,000 + 150,000} = 0.$$

Из полученного значения K_M следует, что эффективность рационального использования применяемых и образующихся веществ практически отсутствует.

Для расчета показателя $K_{\text{эн}}$ используем формулу (5). При этом энергия, подводимая в систему ($E_{\text{п}}$), включает затраты энергии на транспортирование потока сточной воды, энергию, подводимую с ЛМЦ_{св}, и энергию, подводимую с активным углем. Для данного примера имеем

$$E_{\text{п}} = 83331,450 + 2268,000 + 193,140 = 85792,590 \text{ кДж.}$$

Энергия, отводимая из системы очистки (E_0) включает энергию адсорбции ЛМЦ активным углем, энергию ЛМЦ_{осв}, энергию, затрачиваемую на преодоление сопротивления в системе и энергию нового продукта (АУ-ЛМЦ).

В нашем случае

$$E_0 = 926,560 + 0,390 + 31680,000 + 2461,140 = 35068,090 \text{ кДж.}$$

$$K_{\text{эн}} = 1 - \frac{35068,090}{85792,590} = 0,591.$$

При расчете коэффициента $K_{\text{эк}}$ исходим из того, что ЛМЦ на выходе из установки очистки находится в двух фазах: жидкой и твердой. При этом твердая фаза, являющаяся в данном случае отходом, содержит, кроме ЛМЦ отработанный уголь. С учетом отмеченного имеем: $K_{\text{эк}} = K_{\text{с}} + K_0$. При этом

$$K_0 = \left(\frac{K_0^{\text{ЛМЦ}} + K_0^{\text{АУ}}}{2} \right)$$

$$K_{\text{эк}} = \left\{ 1 - \left(\frac{0,020}{10,000} \right) \left[\frac{\left(1 - \frac{9,990}{10,000} \right) + \left(1 - \frac{150,000}{150,000} \right)}{2} \right] \right\} =$$

$$= \{0,998 + [(0,010 + 0)/2]\} / 2 = 0,501.$$

Полученное значение $K_{\text{эк}}$ свидетельствует о необходимости выполнения мероприятий по сокра-

щению выхода в окружающую среду отработанного активного угля, загрязненного ЛМЦ.

Следует отметить, что при содержании ЛМЦ в отработанном активном угле $0,066 \text{ кг}^{-1}$ и приблизительном значении коэффициента степени экологической опасности $W \approx 3521$, рассчитанным для трех известных первичных показателей (в соответствии с приказом Минприроды России от 04.12.2014 г. № 536), показатель степени опасности ЛМЦ составит — $K = 18,9$, что соответствует отнесению ЛМЦ в составе АУ-ЛМЦ к классу опасности — 4. Коэффициент ресурсосбережения для данного варианта схемы очистки составляет:

$$K_p = \frac{0 + 0,591 + 0,501}{3} = 0,364.$$

Рассмотрим второй возможный вариант адсорбционной очистки сточной воды при представленных выше исходных данных и приведенных ниже дополнительных данных.

Второй вариант адсорбционной очистки сточной воды от ЛМЦ предусматривает регенерацию отработанного активного угля путем экстрагирования из него ЛМЦ спиртом этиловым непосредственно в адсорбере в циркуляционном режиме. Отработанный спирт после окончания экстракции отводится из циркуляционного сборника в испаритель, из которого при температуре около 363 К поступает в виде пара в конденсатор, а образующийся конденсат спирта собирается в циркуляционном сборнике и снова используется при следующей регенерации угля. Потери спирта в виде паров при хранении и конденсации составляют не более 10% от общего количества спирта ($2 \text{ дм}^3 \cdot \text{кг}^{-1}$ угля). НДС для спирта этилового — $22,300 \text{ кг}/40 \text{ ч}$.

Для данного варианта схемы очистки коэффициент K_M составит:

$$K_M = 1 - \frac{0,020 + 22,500}{10,000 + 150,000 + 225,000} = 0,942.$$

Энергия, подводимая в систему очистки (E_0), включает энергию, необходимую для транспортировки сточной воды (79200 кДж) и спирта этилового в режиме циркуляции (3744 кДж), нагрева отработанного спирта ($36632,250 \text{ кДж}$), а также энергию, поступающую с активным углем (2268 кДж), спиртом ($159104,250 \text{ кДж}$) и холодной водой ($29436,430 \text{ кДж}$). В итоге получаем: $E_0 = 310578,070 \text{ кДж}$.

Энергия, отводимая из системы очистки ($E_{\text{п}}$), включает энергию, выделяющуюся при адсорбции ЛМЦ в процессе очистки сточной воды ($926,560 \text{ кДж}$),

энергию ЛМЦ в составе очищенной сточной воды (0,390 кДж), потери энергии с неконденсируемым паром спирта этилового (15910,420 кДж) и на преодоление гидравлического сопротивления (63360кДж). В итоге получаем: $E_{\text{н}} = 80197,370$ кДж.

Для данного варианта схемы $K_{\text{эн}}$ составит:

$$K_{\text{эн}} = 1 - \frac{80197,370}{310578,070} = 0,742.$$

Для определения коэффициента $K_{\text{эк}}$ рассчитываем частные коэффициенты с учетом фазового состояния ЗВ. В данном варианте, в отличие от первого, имеется источник выброса в атмосферу паров спирта этилового. Для обеспечения НДВ для этого ЗВ требуется обеспечить снижение его количества не менее, чем на 90%:

$$K_{\text{а}} = 1 - \frac{22,300}{225,000} = 0,900.$$

Такое значение $K_{\text{а}}$ достигается за счет установки конденсатора. При этом вода, используемая в качестве хладагента, нагревается до 313 К и используется в основной технологии производства ЛМЦ.

Коэффициент, характеризующий достигаемую эффективность адсорбционного метода очистки стока от ЛМЦ, составит:

$$K_{\text{с}} = 1 - \frac{0,020}{10,000} = 0,998.$$

$$\text{Таким образом, } K_{\text{эк}} = \frac{0,900 + 0,998}{2} = 0,949.$$

Расчетное значение $K_{\text{р}}$ составит:

$$K_{\text{р}} = \frac{0,949 + 0,742 + 0,998}{3} = 0,894.$$

Полученное значение $K_{\text{р}}$ характеризует второй вариант технологии очистки сточной воды от ЛМЦ как более эффективный, который может быть отнесен к НДТ. В качестве временного минимального значения для критерия $K_{\text{р}}$ (до разработки его детального обоснования), которое бы характеризовало систему очистки (обезвреживания) выбросов, сбросов и отходов как НДТ, представляется возможным принять, с учетом опыта эксплуатации существующих технологий, значение $K_{\text{р}}$ не менее 0,8.

3. Заключение

На основе анализа известных способов оценки уровня ресурсо- и энергосбережения, а также уровня

негативного воздействия предприятия на окружающую среду, предложено использовать видоизмененные уравнения материального, энергетического и экологического балансов для оценки известных технологий сокращения выбросов и сбросов загрязняющих веществ, обращения с отходами как наилучших доступных. Основным критерием оценки является эффективность использования материальных, энергетических и экологических ресурсов. Возможность применения критерия эффективности подтверждена на конкретном примере.

Обозначения

AV – масса продукта взаимодействия ЗВ и сырьевого компонента

$A_{\text{к}}, B_{\text{к}}$ – остаточная масса ЗВ и сырьевого компонента в различных фазовых состояниях – газовом, жидком, твердом.

$A_{\text{н}}, B_{\text{н}}$ – масса исходных, соответственно, ЗВ и сырьевого компонента, участвующих в процессе в различных фазовых состояниях

АУ-ЛМЦ – новый продукт, представляющий отработанный уголь с адсорбированным ЛМЦ

$E_{\text{п}}$ – суммарные потери энергии на различных стадиях системы сокращения выхода ЗВ в окружающую среду за вычетом полезно используемых потерь с учетом степени их использования

ΣE_0 – суммарная энергия, подводимая в систему

α – доля полезно использованной энергии

K – критерий «безотходности»

$K_{\text{в}}, K_{\text{с}}$ и $K_{\text{о}}$ – коэффициенты, характеризующие соответствие выбросов (в), сбросов (с) и отходов (о) установленным экологическим нормативам

$K_{\text{м}}$ – коэффициент полноты использования материальных ресурсов

$K_{\text{р}}$ – коэффициент ресурсосбережения

$K_{\text{эн}}$ – коэффициент полноты использования энергетических ресурсов

$K_{\text{эк}}$ – коэффициент соответствия экологическим требованиям

$M_{\text{ЛМЦ}_{\text{св}}}$ – масса ЛМЦ, поступающая в адсорбер в составе сточной воды

$M_{\text{ЛМЦ}_{\text{осв}}}$ – масса ЛМЦ в составе сбрасываемой очищенной сточной воды

$M_{\text{в}i}, M_{\text{с}i}$ – фактические значения массы i -го выбрасываемого и сбрасываемого вещества

$M_{\text{н}}, M_{\text{к}}$ – начальная и конечная масса ЗВ

$M_{\text{о}}, M_{\text{в}}$ – масса, соответственно, основных и вспомогательных сырьевых веществ и материалов

$M_{\text{ф}i}$ – фактическая масса ЗВ, отводимого от источника загрязнения

$НД_i$ – норматив допустимого выброса или сброса конкретного ЗВ

НДВ_н, НДС_н — нормативы допустимых выбросов и сбросов конкретного ЗВ
НДТ — наилучшие доступные технологии
ОС — охрана окружающей среды
П_о — продукция основного производства

C_к и C_н — конечная (остаточная) и начальная концентрация ЗВ в системе
n — число источников загрязнения атмосферного воздуха данным ЗВ
v — относительное стандартное отклонение, %
η — показатель эффективности

Литература

1. Бродянский В. М. Эксергетический метод и его применение / В. М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек. — М.: Энергоатомиздат, 1988. — 288 с.
2. Тишин О. А. Теоретические основы энерго- и ресурсосбережения в химической технологии: учебное пособие / О. А. Тишин, В. Н. Харитонов, Н. Ц. Гатпова, А. Н. Колнух. — Тамбов. Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. — 92 с.
3. Воробьев О. Г. Техногенная опасность и экологический риск в урбанизированных регионах / О. Г. Воробьев,

- Т. Н. Алексеева, Г. В. Черкаев, А. В. Шамшин // Жизнь и безопасность. — 2001. — № 1-2. — С. 396-409.
4. Временные методические указания по оценке безотходности химических производств. ВСН — 69-87. — М.: Минхимпром, 1987. — 51 с
 5. Григорьев Л. Н. Критериальная оценка и выбор наилучшей доступной экологической технологии // Безопасность жизнедеятельности. — 2010. — № 2. — С. 21-26.

References

1. Brodjanskij V.M. *Jeksergeticheskij metod i ego primenenie* [Exergy method and its application]. Moscow, Jenergoatomizdat Publ., 1988. 288 p. (in Russian)
2. Tishin O.A. *Teoreticheskie osnovy jenergo- i resursosberzhenija v himicheskoi tehnologii* [Theoretical basis of energy and resource saving in chemical technology]. Tambov, FGBOU VPO «TGTU» Publ., 2012. 92 p. (in Russian)
3. Vorob'jov O.G. *Tehnogennaja opasnost' i jekologicheskij risk v urbanizirovannyh regionah* [Technological risk and environmental risk in urban areas]. *Zhizn' i bezopasnost'* [Life and safety]. 2001, V.1-2, pp. 396-409. (in Russian)

4. *Vremennye metodicheskie ukazanija po ocenke bezothodnosti himicheskikh proizvodstv. VSN — 69-87* [Provisional methodical instructions for the evaluation of chemical-waste production. BCH — 69-87]. Moscow, Minhimprom Publ., 1987. 51 p. (in Russian)
5. Grigorjev L.N. *Kriterial'naja ocenka i vybor nailuchshej dostupnoj jekologicheskoi tehnologii* [Criteria assessment and selection of the best available environmental technology]. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti* [Life Safety]. 2010, V. 2, pp. 21-26. (in Russian)

Assessment of Resource and Energy Conservation Level for Technologies related to Emissions and Emptying Treatment, and Waste Handling

L.N. Grigorjev, Doctor of Engineering, Professor, Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
O.A. Shanova, Ph.D. of Engineering, Head of Chair, Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
A.E. Orevinina, Magstrand, Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

Have been considered methods for production enterprise's resource and energy conservation level assessment, as well as the production enterprise's negative impact on the environment. Assessment methods' disadvantages have been revealed, ways for theirs enhancement have been proposed. A possibility for use of material balance equations for efficiency assessment of systems for pollutions emissions and emptying reducing, and waste handling with regard to utilization level of raw materials, substances and energy. A possibility for practical application of the proposed method for assessment of environmental technologies has been shown with specific calculation reference.

Keywords: best available technologies, material balance, efficiency, resources, emissions, emptying, waste, treatment, adsorption.

«Росатом» планирует построить в Ставропольском крае ветроэлектростанции

Правительство Ставропольского края и АО «ВетроОГК» — дочерняя структура госкорпорации «Росатом», отвечающая за строительство и эксплуатацию ветроэлектростанций (ВЭС), подписали Соглашение о сотрудничестве в реализации проектов по строительству ветроэлектростанций мощностью до 400 МВт. Документ был подписан губернатором Ставропольского края и генеральным директором АО «ВетроОГК». Правительство края в пределах своей компетенции в соответствии с законодательством будет способствовать формированию благоприятного бизнес-климата для реализации в регионе проектов в области возобновляемой энергетики и рассмотрит возможность предоставления налоговых и иных льгот при реализации проектов с целью развития топливно-энергетического комплекса Ставропольского края.

Источник: *Greenevolution*