

10. Пахомов А. Е. Биогеоэкологическая роль млекопитающих в почвообразовательных процессах степных лесов Украины: В 2 кн. – Кн. 2: Трофический тип воздействия. Биогеоэкологический процесс становления биологической устойчивости эдафотопы. – Д.: ДГУ, 1998. – 216 с.
11. Сукачев В. Н. Основы лесной биогеоэкологии. – М.: Наука, 1964. – 561 с.
12. Хабиров И. К. Физические свойства и ферментативная активность почв. Экологические условия и ферментативная активность почв. – УФА. Академия наук СССР. Башкирский филиал Института биологии. Уфа: 1979.
13. Цветкова Н. Н. Особенности миграции органо-минеральных веществ и микроэлементов в лесных биогеоэкоценозах степной Украины. – Днепропетр.: ДГУ, 1992. – 236 с.
14. Частухин В. Я., Николаевская М. А. Биологический распад и ресинтез органического вещества в природе. – Ленинград: Наука, 1969. – 326 с.
15. Margalef R. Information theory in ecology //Gen. Syst. - 1958.- N3. - P. 210–223
16. Margalef R. Perspectives in ecological theory.- Chicago-London: Univ. Chicago press, 1969.-111 p.

Рукопис подано до редакції 02.04.13

УДК 669.162.14: 65.011.14

А.В. РЕВЕНКО, канд. техн. наук, доц., ГВУЗ «Криворожский национальный университет»,
О.А. РЕВЕНКО, магистр, «ГИПОпром», Днепропетровск

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НОРМИРОВАНИЯ ЗАТРАТ СЫРЬЯ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ

Разработан и реализован в виде программного модуля в табличном процессоре Microsoft Excel алгоритм математического моделирования на основе адекватных стохастических математических моделей для удельного расхода кокса, удельной производительности и выхода годного, осуществляющий нормирование удельных расходных коэффициентов затрат шихтовых компонентов доменной плавки на производство передельного чугуна в доменной печи с обеспечением выполнения производственного плана и минимальной погрешностью нормирования

В практике металлургических предприятий традицией является ежедекадное проведение балансовых комиссий для оперативного анализа причин колебания расходных коэффициентов затрат каждого материального, энергетического и другого ресурсного компонента для производства единицы продукции и их отклонений от нормативных значений. При этом недопустимыми являются отклонения расходных коэффициентов, как в сторону перерасхода ресурсов, так и их экономии. Перерасход ресурсов вызывает их недостаток для выполнения производственного задания, а экономия ресурсов ведет к перерасходу и капитализации оборотных финансовых средств, которые получены, как правило, в кредит под проценты. Весьма удручающим фактом является отсутствие у технологов достаточного инструментария для осуществления оперативного анализа и выявления объективных факторов производственного процесса, вызывающих нарушение утвержденных технических норм.

Одним из ответственных элементов планирования производства в доменном переделе предприятия является разработка технических норм расхода сырья и топлива для выплавки чугуна. Традиционно при разработке технических норм технологи применяют утвержденные стандартные нормативные коэффициенты влияния технологических факторов на основные параметры доменной плавки. При этом точность технического нормирования зависит от наличия экспериментальных данных по определению расходных коэффициентов каждого компонента доменной шихты в отдельности, а также необходимого опыта и квалификации технологического персонала. Однако, при этом учесть совокупное влияние шихтовых компонентов на показатели плавки весьма затруднительно в связи с тем, что технологические факторы находятся в тесной взаимосвязи с промежуточными параметрами, характеризующими газодинамику, тепло-массообмен, шлаковый режим и тепловое состояние печи, а их совокупное действие может изменять силу и характер влияния на основные показатели доменной плавки [1, с.224].

Одним из средств учета совокупного влияния факторов являются стохастические математические модели. При этом в доменной печи физико-химические процессы шлакообразования и перехода сырьевых компонентов доменной шихты из твердого в вязкопластичное и жидкоподвижное состояние осуществляется одновременно на значительной высоте столба материалов, сосредоточенных в отдельных слоях. Под действием силы гравитации появляющиеся жидкие фазы устремляются вниз печи между кусками слоев твердых материалов, представленных в основном коксом, углем, известняком, осуществляя, таким образом, опережение ранее загру-

женных порций шихты и появление смеси разнородных материалов в объеме доменной печи.

Формирование в объеме доменной печи смеси материалов из компонентов шихты ведет к утрате ими свойства независимости как факторов процесса и вызывает появление погрешности от взаимовлияния друг на друга всех компонентов смеси. Поэтому в стохастических математических моделях компоненты доменной шихты следует выражать в массовых долях для устранения погрешности, вызванной осуществлением процесса смесеобразования в доменной печи и наложением на компоненты смеси условия нормировки, согласно которому сумма массовых долей всех компонентов смеси равна 1.

В качестве объекта исследования в данной работе выбрана доменная печь полезным объемом 5000 м³. Анализ совокупности технико-экономических показателей выбранной печи свидетельствует, что в качестве параметров, характеризующих влияние сырья на доменный передел, могут быть выбраны удельный расход сухого скипового кокса, удельная производительность, а также выход годного, который по смыслу является обратным удельному расходу доменной шихты. В качестве факторов выбраны массовые доли компонентов доменной шихты, удельные расходы природного газа и кислорода. В результате обработки итоговых фактических показателей рассматриваемой доменной печи по данным производственных отчетов за период, в котором произведено более 15,7 млн т чугуна, методами многофакторного регрессионного анализа выявлено качественное влияние и количественная связь между выбранными параметрами и факторами производственного процесса выплавки передельного чугуна.

Удельный расход кокса (K_c , кг/т) выражен стохастической математической моделью в виде степенной функции, кг/т

$$K_c = \exp(6,641)(1 + A_1)^{-0,07473} (1 + A_2)^{0,04691} (1 + A_3)^{0,0925} (1 + A_4)^{-0,00156} (1 + A_5)^{-0,02125} \times \\ (1 + A_6)^{-0,13399} (1 + A_7)^{0,03568} (1 + A_8)^{0,00007} (1 + A_9)^{-0,0041} (1 + A_{10})^{0,01847} (1 + A_{11})^{0,84552} \times \\ (1 + A_{12})^{-0,0224} (1 + A_{13})^{-0,35149} (1 + A_{14})^{-0,07382} (1 + A_{15})^{-0,0655}, \quad (1)$$

где K_c - удельный расход кокса, кг/т; A_1 - шлак обогащенный (0-8,37 %); A_2 - агломерат (61,96-85,1 %); A_3 - железная руда (0-7,51 %); A_4 - окатыши (5,93-32,26 %); A_5 - скрап (0-4,77 %); A_6 - шлак производства SiMn(0-1,13 %); A_7 - известняк обыкновенный (0-3,49 %); A_8 - доломитизированный известняк (0-2,66%); A_9 - рядовой шлак (0-2,88%); A_{10} - отход производства электрокорунда (0-0,16 %); A_{11} - плавиковый шпат (0-0,06 %); A_{12} - антрацит (0-3,9 %); A_{13} - металлизированные брикеты (0-0,13 %); A_{14} - удельный расход природного газа, (27-136 м³/т); A_{15} - удельный расход кислорода, (39-134 м³/т).

Проверка адекватности модели осуществлялась по критериям Стьюдента St_p и Фишера F_p . Гипотезы об адекватности принимались на основании того, что расчётные значения указанных критериев меньше их критических табличных значений (St_T , F_T). Для модели (1) $St_p = 0,187$ (число степеней свободы $f = 129$), $F_p = 1,11$ (числа степеней свободы $f_1 = 72$, $f_2 = 57$). Критические табличные значения этих критериев для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и тех же чисел степеней свободы составляют $St_T = 1,98$, $F_T = 1,41$. Так как $St_p < St_T$ и $F_p < F_T$ гипотеза об адекватности модели (1) не отвергается.

Таким образом, адекватность модели (1) свидетельствует, что вероятность появления существенных различий между расчётными и опытными значениями параметра K_c не превышает выбранного уровня значимости $\alpha = 0,05$, т.е. 5 %.

Абсолютная ошибка расчётных значений параметра K_c составляет 3,651 кг/т.

Удельная производительность ($\Pi_{уд}$, т/(м³·сут)) обобщена стохастической математической моделью в виде степенной функции следующего вида, т/(м³·сут)

$$\Pi_{уд} = \exp(-0,92832)(1 + D_1)^{0,02933} (1 + D_2)^{0,68892} (1 + D_3)^{-0,02124} (1 + D_4)^{0,14067} (1 + D_5)^{0,01371} \times \\ (1 + D_6)^{0,08809} (1 + D_7)^{0,14096} (1 + D_8)^{0,03845} (1 + D_9)^{-0,02603} (1 + D_{10})^{-0,32999} (1 + D_{11})^{-3,03217} \times \\ (1 + D_{12})^{-0,01478} (1 + D_{13})^{-0,84341} (1 + D_{14})^{-0,91872} (1 + D_{15})^{-0,1227} (1 + D_{16})^{0,24725}, \quad (2)$$

где D_1 - шлак обогащенный (0-6,7%); D_2 - агломерат (48,6...68,4 %); D_3 - железная руда (0-5,6 %); D_4 - окатыши (4,7-25,3 %); D_5 - скрап (0-3,8 %); D_6 - шлак производства SiMn, (0-0,9 %); D_7 - известняк обыкновенный (0-2,8 %); D_8 - известняк доломитизированный (0-2,1 %); D_9 - шлак рядовой (0-2,3 %); D_{10} - отход производства электрокорунда (0-0,13 %); D_{11} - плавиковый шпат, (0-0,02 %); D_{12} - антрацит (0...3,13 %); D_{13} - сухой скиповый кокс (17,9-25,7 %); D_{14} - металлизированный

ные брикеты (0...0,1 %); D_{15} - удельный расход природного газа (27-136 м³/т); D_{16} - удельный расход кислорода (39-134 м³/т).

Для модели (2) $St_p = 0,233$ (число степеней свободы $f = 128$), $F_p = 1,129$ (числа степеней свободы $f_1 = 56, f_2 = 72$). При $\alpha = 0,05$ и тех же числах степеней свободы $St_T = 1,98, F_T = 1,34$.

Абсолютная ошибка расчётных значений параметра $P_{уд}$ составляет 0,0181 т/(м³·сут).

Выход годного $B_{ш}$, % выражен стохастической математической моделью в виде степенной функции (3), где обозначения, наименования и интервалы варьирования факторов модели (3) те же, что и для модели (2).

Для модели (3) $St_p = 0,055$ (число степеней свободы $f = 128$), $F_p = 1,113$ (число степеней свободы $f_1 = 56, f_2 = 72$), При $\alpha = 0,05$ и тех же числах степеней свободы $St_T = 1,98, F_T = 1,34$, %.

$$B_{ш} = \exp(5,97249)(1 + D_1)^{0,00281} (1 + D_2)^{-0,18664} (1 + D_3)^{0,03784} (1 + D_4)^{-0,00337} (1 + D_5)^{-0,00336} \times (1 + D_6)^{0,02401} (1 + D_7)^{-0,03803} (1 + D_8)^{-0,00707} (1 + D_9)^{-0,03793} (1 + D_{10})^{-0,00804} (1 + D_{11})^{-0,43083} \times (1 + D_{12})^{-0,0544} (1 + D_{13})^{-0,46915} (1 + D_{14})^{-0,1003} (1 + D_{15})^{0,00104} (1 + D_{16})^{0,03642}, \% \quad (3)$$

Абсолютная ошибка расчетных значений параметра $B_{ш}$ составляет 0,0293 %.

С использованием моделей (1)-(3) разработан алгоритм математического моделирования влияния состава доменной шихты на удельный расход сухого скипового кокса, удельную производительность и выход годного путем осуществления итерационного процесса последовательности численных опытов на виртуальной информационной модели доменной плавки, вызывающего изменение расходных коэффициентов затрат всех шихтовых компонентов до достижения состояния стабилизации массовых долей всех компонентов доменной шихты, удельного расхода кокса, удельной производительности и удельного расхода шихты.

Численные значения расходных коэффициентов затрат всех шихтовых компонентов в состоянии стабилизации принимаются в качестве нормативных величин на производство чугуна в доменной печи полезным объемом 5000 м³.

Алгоритм математического моделирования при нормировании затрат сырья в доменной плавке реализован с применением табличного процессора Microsoft Excel.

Начальным этапом математического моделирования при нормировании удельных расходов сырья является определение удельного расхода кокса для запланированного набора удельных расходов компонентов доменной шихты.

При этом планируемые удельные расходы всех компонентов доменной шихты, удельные расходы природного газа и кислорода вводятся в таблицу расчетного модуля виртуальной информационной модели доменной плавки.

После пуска виртуальной модели осуществляется вычислительный эксперимент по определению массовых долей компонентов доменной шихты и удельного расхода кокса (табл. 1).

Таблица 1. Результаты математического моделирования доменной плавки при определении планируемого удельного расхода кокса доменной печи объемом 5000 м³

Период Факторы	Июнь 2006г.	
	Планируемый удельный расход	
	в кг/т	доля, %
Шлак обогащённый ШО (0-8,37%), кг/т	59,0000	3,144654
Агломерат(61,964-85,079%), кг/т	1342,0000	71,527556
Руда железная ЖР(0-7,509%), кг/т	1,0000	0,053299
Окатыши(5,928-32,256%), кг/т	314,0000	16,735956
Скрап(0-4,766%), кг/т	45,0000	2,398465
Шлак производства SiMn (0-1,127%), кг/т	0,0000	0,000000
Известняк обыкновенный (0-3,487%), кг/т	50,0000	2,664961
Известняк доломитизированный (0-2,659%), кг/т	0,0000	0,000000
Шлак рядовой ШР(0-2,877%), кг/т	0,0000	0,000000
Отходы производства электрокорунда (0-0,161%), кг/т	0,0000	0,000000
Плавленый шпат(0-0,055%), кг/т	0,2000	0,010660
Антрацит(0-3,895%), кг/т	65,0000	3,464449
Брикет металлизированный (0-0,132%)	0,0000	0,000000
Итого удельный расход доменной шихты без кокса	1876,2000	100,000000
Удельный расход ПГ(27,0-135,9), м ³ /т	51,0000	
Удельный расход O ₂ (39,5-134), м ³ /т	135,0000	
Кокс (сухой).скиповый :удельный расход, расчетный (400,1-697,3), кг/т	454,0986	

Далее вычисленные и планируемые значения удельных расходов кокса и остальных компонентов доменной шихты, а также данные об удельных расходах природного газа и кислорода, полезном объеме доменной печи, числе суток работы за период, плане производства чугуна заносятся в соответствующие ячейки вычислительного модуля виртуальной информационной модели нормирования расходных коэффициентов затрат шихтовых компонентов доменной плавки (табл. 2).

Таблица 2. Результаты математического моделирования норм удельного расхода компонентов доменной шихты на 1т передельного чугуна доменной печи объемом 5000 м³

Период	Июнь 2006 г.			
	Удельный расход			
	Планируемый		Норма (расчет)	
Компоненты доменной шихты	в кг/т	доля, %	доля, %	в кг/т
Шлак обогащенный ШО (0-6,7%),кг/т	58,4991	2,531864	2,531864	58,4991
Агломерат(48,62-68,405%),кг/т	1330,6070	57,589186	57,589186	1330,6070
Руда железная ЖР(0-5,579%),кг/т	0,9915	0,042913	0,042913	0,9915
Окатыши(4,767-25,334%),кг/т	311,3343	13,474669	13,474668	311,3343
Скrap(0-3,765),кг/т	44,6180	1,931084	1,931083	44,6180
Шлак производства SiMn (0-0,893%),кг/т	0,0000	0,000000	0,000000	0,0000
Известняк обыкновенный (0-2,764%),кг/т	49,5755	2,145647	2,145648	49,5755
Известняк доломитизированный (0-2,057%),кг/т	0,0000	0,000000	0,000000	0,0000
Шлак рядовой ШР(0-2,283%),кг/т	0,0000	0,000000	0,000000	0,0000
Отходы производства электрокорунда (0-0,127%),кг/т	0,0000	0,000000	0,000000	0,0000
Плавиковый шпат(0-0,018%),кг/т	0,1983	0,008583	0,008583	0,1983
Антрацит(0-3,126%),кг/т	64,4482	2,789343	2,789342	64,4482
Кокс (сухой) скиповый(17,937-25,711%)	450,2435	19,486713	19,486713	450,2435
Брикет металлизированный (0-0,107%)	0,0000	0,000000	0,000000	0,0000
Итого удельный расход доменной шихты	2310,5154	100,000000	100,000000	2310,5154
Удельный расход ПГ(27,0-135,9),м3/т	51,0000			51,0000
Удельный расход О2(39,5-134),м3/т	135,0000			135,0000
Вплан, %	43,280387			
Врасч, %	43,280396			43,280386
Итого нормативный удельный расход доменной шихты (расчет),кг/т	2310,5149			2310,5154
Ошибка расчета удельного расхода доменной шихты, кг/т				-0,00054
Нормативная удельная производительность (расчет),т/м ³ ·сут	1,8250			1,8250
КИПО (расчет), м3·сут/т	0,5479			0,5479
Полезный объем доменной печи,м3	5000,000			5000,000
Суточное производство чугуна (расчет), т/сут	9125,221			9125,208
Число суток работы за период, сут	30,000			30,000
Производство чугуна за период работы (расчет), т	273756,629			273756,227
План производства чугуна,т	269000,000			269000,000

После занесения натуральных значений (кг/т) планируемых удельных расходов компонентов доменной шихты и компонентов комбинированного дутья выполняется численный опыт определения массовых долей (%) компонентов доменной шихты. Полученные численные значения массовых долей компонентов доменной шихты для планируемых удельных расходов заносятся в рядом расположенные ячейки массовых долей компонентов доменной шихты для их нормы, а также значения удельных расходов природного газа и кислорода. После этого осуществляется численный эксперимент определения нормативных значений удельных расходов компонентов доменной шихты (кг/т). Кроме того, определяются прогнозируемые значения удельной производительности, КИПО, суточного производства чугуна и в планируемый период работы, а также ошибка удельного расхода доменной шихты. При существенной величине этой ошибки выполняется следующий итерационный цикл численных опытов, в котором определенные в предыдущем итерационном цикле нормативные значения удельных расходов компонентов доменной шихты принимаются в качестве планируемых. Процесс моделирования заканчивается после достижения приемлемой минимизации ошибка удельного расхода доменной шихты. В табл. 2 значение указанной ошибки принято приемлемым на уровне -0,00054 кг/т. При этом запланированные в начале (традиционным способом) удельные расходы компонентов доменной шихты претерпели заметные изменения. Обращает на себя то, что определенная в результате моделирования месячная производительность доменной печи объемом 5000 м³ превышает план производства чугуна более чем на 4756 т.

Для корректировки производительности несколько изменили планируемый набор удельных расходов компонентов доменной шихты. Повторив процедуру математического моделирования для нормирования расходных коэффициентов затрат шихтовых компонентов доменной плавки для новых условий получены иные нормативные показатели (табл. 3), при которых прогнозируемое месячное производство чугуна меньше необходимого по плану на 14645,194 т.

Таблица 3. Результаты математического моделирования норм удельного расхода компонентов доменной шихты на 1т передельного чугуна доменной печи объемом 5000 м³

Период	Июнь 2006 г.			
	Удельный расход			
	Планируемый		Норма (расчет)	
	в кг/т	доля, %	доля, %	в кг/т
Шлак обогащенный ШО (0-6,7%),кг/т	53,3480	2,339746	2,339746	53,3480
Агломерат(48,62-68,405%),кг/т	1345,7328	59,021398	59,021398	1345,7328
Руда железная ЖР(0-5,579%),кг/т	0,3008	0,013193	0,013193	0,3008
Окатыши(4,767-25,334%),кг/т	312,4667	13,704222	13,704222	312,4667
Скrap(0-3,765),кг/т	40,6126	1,781195	1,781195	40,6126
Шлак производства SiMn (0-0,893%),кг/т	0,0000	0,000000	0,000000	0,0000
Известняк обыкновенный (0-2,764%),кг/т	28,2784	1,240239	1,240239	28,2784
Известняк доломитизированный (0-2,057%),кг/т	0,0000	0,000000	0,000000	0,0000
Шлак рядовой ШР(0-2,283%),кг/т	0,0000	0,000000	0,000000	0,0000
Отходы производства электрокорунда (0-0,127%),кг/т	0,0000	0,000000	0,000000	0,0000
Плакировый шпат(0-0,018%),кг/т	0,2006	0,008798	0,008796	0,2006
Антрацит(0-3,126%),кг/т	54,2505	2,379328	2,379328	54,2505
Кокс (сухой) скиповый(17,937-25,711%)	444,8857	19,511879	19,511879	444,8857
Брикет металлургический (0-0,107%)	0,0000	0,000000	0,000000	0,0000
Итого удельный расход доменной шихты	2280,0761	100,000000	100,000000	2280,0760
Удельный расход ПГ(27,0-135,9),м3/т	66,6000			66,6000
Удельный расход O2(39,5-134),м3/т	129,3000			129,3000
Вплан, %	43,8581853			
Врасч, %	43,8581488			43,8581857
Итого нормативный удельный расход доменной шихты (расчет),кг/т	2280,0780			2280,0761
Ошибка расчета удельного расхода доменной шихты, кг/т				0,00191896
Нормативная удельная производительность (расчет),т/м3-сут	1,6957			1,6957
КИПО (расчет), м3-сут/т	0,590			0,590
Полезный объем доменной печи,м3	5000,000			5000,000
Суточное производство чугуна (расчет), т/сут	8478,494			8478,543
Число суток работы за период, сут	30,000			30,000
Производство чугуна за период работы (расчет), т	254354,806			254356,293
План производства чугуна,т	269000,000			269000,000

Продолжая далее разработанную процедуру математического моделирования для нормирования расходных коэффициентов затрат шихтовых компонентов доменной плавки, можно определить необходимые условия, при которых прогнозируемое месячное производство чугуна будет равно плану производства чугуна для выполнения производственной программы.

Исходя из того, что разработанный алгоритм математического моделирования для нормирования удельных расходных коэффициентов затрат шихтовых компонентов доменной плавки на производство передельного чугуна в доменной печи полезным объемом 5000 м³ основан на адекватных стохастических интерполяционных моделях, можно также положительно утверждать и о справедливости заключения об адекватности результатов нормирования. При этом вероятность появления слишком существенных отклонений расчетных значений удельных расходных коэффициентов от реальных значений не превысит 5 %.

Как правило, в условиях реального производственного процесса происходят отклонения фактических параметров технологии от нормативных из-за колебаний качественных и количественных характеристик исходного сырья, а также действия большого числа факторов объективного и субъективного характера. При этом для принятия верных корректирующих действий необходимо периодически обновлять базу исходных данных и осуществлять пересмотр и уточнение стохастических математических моделей (1)...(3).

Таким образом, разработан и реализован в виде программного модуля в табличном процессоре Microsoft Excel алгоритм математического моделирования на основе адекватных стохастических математических моделей для удельного расхода кокса, удельной производительности и выхода годного, осуществляющий нормирование удельных расходных коэффициентов затрат шихтовых компонентов доменной плавки на производство передельного чугуна в доменной печи с обеспечением выполнения производственного плана и минимальной погрешно-

стю нормирования.

Список литературы

1. **Товаровский И.Г., Лялюк В.П.** Эволюция доменной плавки: Монография.- Днепропетровск: Пороги, 2001.- 424 с.

Рукопис подано до редакції 02.04.13

УДК 629.113.001.5

М.В. ДОМНІЧЕВ, В.Н. НАЗАРЕНКО, О.В. НЕСТЕРЕНКО, кандидати технічних наук, доц.,
А.Л. ЗАЦЕПІНА, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ВИКОРИСТАННЯ ВОДНОГО РОЗЧИНУ ПРИРОДНОГО БІШОФІТУ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ВІНОСУ ПИЛУ ДО ПОВІТРЯ

Існуюча на сьогодні технологія видобутку корисних копалин з подальшим збагаченням бідних руд, потребує значних територій під облаштування спеціальних місць для розміщення відходів збагачення (хвостів). У нашому регіоні сьогодні найбільш розповсюдженим є «мокрый» спосіб їх складування, тобто гідровідвалоутворення [1]. Понад 70 % видобутої залізорудної сировини у Кривбасі переробляється на п'яти гірничо-збагачувальних комбінатах, відходи збагачення складаються до хвостосховищ, які займають значну площу (більше 4000 га). Хвостосховища гірничо-збагачувальних комбінатів Кривбасу на сьогодні майже наміті до проектних відміток, обсяги хвостів, які щорічно в них складаються коливаються в межах 30-40 млн м³.

Після наміву пульпи на карти, у зонах випуску на хвостосховищах утворюються сухі ділянки. Хвости на ділянках укосів швидко віддають вологу, висихають і при швидкостях вітру більше 3,0 м/с, піддаючись вітровій ерозії, стають джерелами винесення пилу до атмосферного повітря. Переважна більшість хвостів за своїм фракційним складом належить до ерозійно-небезпечного пилу, близько 90 % якого становлять частинки діаметром менше 50 мкм [2]. Проблема захисту персоналу комбінатів від постійного шкідливого впливу пилу, є надзвичайно актуальною, оскільки при тривалому впливі на організм він сприяє розвитку професійних захворювань, таких як пиловий бронхіт, силікоз, алергічні захворювання тощо.

Треба також враховувати, що хвостосховища розташовуються, як правило, на відстані 1-5 км від житлових масивів. Аналіз екологічного ризику від впливу хвостосховищ показав, що пил, який потрапляє в селітебну зону, негативно впливає на довкілля та здоров'я людей, особливо дітей, що постійно мешкають на територіях житлових мікрорайонів. Захворюваність органів дихання у дітей, як надзвичайно уразливих до впливу пилового фактору, вища в 4 рази, ніж у дорослого населення. Рівні захворюваності дітей на хвороби органів дихання, які мешкають в екологічно небезпечних районах, вищі в середньому у 1,3 рази [3].

Для запобігання виносу пилу з сухих поверхонь діючих хвостосховищ та зменшення впливу пилу на стан здоров'я працівників та мешканців прилеглих територій а також метою поліпшення санітарно-гігієнічних умов, раніше пропонували закріплювати сухі ділянки хвостосховищ відходами нафтопереробки, виробництва целюлози, харчової промисловості, латексами, полімерами, тощо які утворюють на поверхні хвостів тонку плівку. Але всі ці засоби мають суттєві недоліки, що стали на заваді впровадження їх у промислове використання (низька механічна стійкість покриття, складність приготування і нанесення, неможливість використання в зимовий період тощо) [1].

Єдиним реагентом, що знайшов обмежене використання в умовах нашого регіону, став розчин сирого сульфатного мила (ССМ), який використовувався на ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Але через чисельні недоліки, такі як порівняно мала стійкість, неможливість використання в зимовий період, необхідність спеціальної підготовки перед використанням тощо, його використання сьогодні припинено.

Одним з шляхів зменшення виносу пилу з поверхонь діючих хвостосховищ є підтримка постійної високої вологості поверхневого шару хвостів. Підтримка певного постійного рівня води над поверхнею хвостів неможлива з огляду на процес нарощування дамб та прокладки нових пульпопроводів. Використання води для протипилового зрошення сухих поверхонь (водяні завіси, обробка поливаль-