

где $Y_{уд}^a$ — величина экономической оценки удельного ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, руб/усл. т; K_3^a — коэффициент, учитывающий экологические факторы экономического района; J_d — индекс-дефлятор, учитывающий инфляцию; M_2^a — приведённая масса выброса загрязняющих веществ до и после внедрения разрабатываемого мероприятия за расчётный период, усл. т/год.

Приведённая масса выброса загрязняющих веществ определялась как:

$$M^a = \sum_{i=1}^N m_i^a k_{3i}^a,$$

где m_i^a — масса выброса в атмосферный воздух i -го загрязняющего вещества или группы веществ с одинаковым коэффициентом относительной эколого-экономической опасности, т/год; k_{3i}^a — коэффициент относительной эколого-экономической опасности для i -го вещества, определяемый также по [2].

Повышение экологической безопасности агломерационного производства может быть достигнуто на основе комплекса технических решений, заключающихся в использовании части отходящих газов для компенсации технологического отсоса. Это позволит значительно уменьшить объём выбросов, затраты теплоты и электроэнергии, а также снизить загрязнение атмосферного воздуха

В табл. 3 приведены процентное содержание, значения коэффициентов k_{3i}^a и массовые расходы веществ, содержащихся в отходящих газах.

В итоге величина предотвращённого ущерба в результате внедрения компенсации технологического отсоса рециркуляционными газами составит: при очистке газов в циклонах — 4,2 млн руб/год,

при очистке газов в электрофильтрах — 348 тыс. руб/год.

Предлагаемые решения по использованию рециркуляции отходящих газов для компенсации технологического отсоса позволяют также сократить размеры платы за выбросы в атмосферный воздух, взимаемой природоохранными органами.

Расчёт платы за выбросы производился по формуле: $P = y_i M_i$, где P — плата за выбросы, руб/год; y_i — норматив платы за выброс, руб/т; M_i — масса примеси i -го загрязняющего вещества в течение года, т/год.

Результаты расчёта платы за выбросы для разных типов очистки газов приведены в табл. 4. Следует отметить, что использование вторичных энергоресурсов в виде рециркуляционных отходящих газов позволяет снизить расход топлива на агломерацию. Использование компенсации технологического отсоса рециркуляционными отходящими газами позволяет также сократить выбросы других вредных веществ (CO , CO_2 , SO_2 , NO_x), что является особенно актуальным в связи с ограничением выброса «парниковых» газов, предусмотренным международными соглашениями и обязательствами Российской Федерации.

Важным результатом снижения выбросов агломерационного производства является повышение экологической безопасности агломерационного производства за счёт снижения загрязнения приземного слоя атмосферы промышленных площадок и затрат на очистку воздуха систем приточной вентиляции.

Выводы

Предложенный способ компенсации технологического отсоса отходящими газами даёт существенный экономический и экологический эффект. На примере аглофабрики города Серов Свердловской области получены количественные показатели по снижению выбросов, экономического ущерба, платы за выбросы и экономии топлива.

Эффективность различных способов очистки газов

табл. 1

Тип пылеуловителя	Средняя эффективность очистки по данным [3], %	Концентрация пыли после очистки, мг/м ³	Количество пыли, выбрасываемой в атмосферу, т/год*
Циклоны	77	214	386
Электрофильтры	98	18	32

* При работе аглофабрики 330 суток в год.

Выброс пыли [т/год] при различных способах компенсации технологического отсоса

табл. 2

Вид очистки	Без рециркуляции	С рециркуляцией
Циклоны	386	286
Электрофильтры	32	24

Исходные данные для расчёта предотвращённого экономического ущерба*

табл. 3

Загрязняющее вещество	Коэффициент относительной эколого-экономической опасности [3]	Массовый расход выброса в атмосферный воздух, т/год	
		без рециркуляции	с рециркуляцией
Железа оксид (64 %)	33,5	246,5 / 0,1	58,4 / 4,9
Железа сульфид (0,16 %)	143,0	0,6 / 4,4	0,1 / 0,01
Кальция оксид (14 %)	19,5	52,8 / 3,6	12,5 / 1,0
Пыль неорганическая (11 %)	10,0	43,7 / 0,7	10,4 / 0,9
Магния оксид (2 %)	33,5	8,1 / 0,1	1,9 / 0,2
Марганец и его соединения (0,5 %)	500,0	1,7 / 2,7	0,4 / 0,03
Взвешенные вещества (8,5 %)	2,7	32,6 / 0,1	7,7 / 0,6

* В числителе — расход выбрасываемых веществ после очистки газов в циклонах, в знаменателе — после очистки в электрофильтре.

Результаты расчёта платы за выбросы*

табл. 4

Загрязняющее вещество	Норматив платы за выброс по [2], руб/т	Плата за выбросы, руб/год*	
		без рециркуляции	с рециркуляцией
Железа оксид	135,2	33 327 / 2763	7902 / 663
Железа сульфид	761,8	479 / 40	114 / 10
Кальция оксид	19,5	1029 / 85	244 / 20
Пыль неорганическая ($SiO_2 < 2\%$)	35,62	1558 / 129	369 / 31
Магния оксид	45,36	366 / 30	87 / 7
Марганец и его соединения	5330	9258 / 768	2195 / 184
Взвешенные вещества	35,62	1160 / 96	275 / 23
Итого		47 117 / 3911	11 186 / 939

* В числителе — плата за выброс веществ при очистке газов в циклонах, в знаменателе — при очистке в электрофильтрах.

- Морозов А.Ю., Шумилов Р.Н., Толстова Ю.И., Ушаков М.Г. Повышение эффективности вентиляции в спекательных отделениях агломерационных фабрик // Известия вузов. Строительство, 2009. №8. С. 48–54.
- Методика определения предотвращённого экологического ущерба: Утв. Госкомэкологии России 30.11.1999. — М.: Гос. ком. РФ по охране окр. среды, 1999. 98 с.
- Морозов А.Ю. Вентиляция и технология — единый цикл при производстве агломерата. — Саарбрюккен: LAP (Lambert Academic Publishing), 2015. 204 с.
- Юдашкин М.Я. Пылеулавливание и очистка газов в чёрной металлургии: Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Металлургия, 1984. 320 с.
- Толстова Ю.И., Морозов А.Ю. Снижение затрат на вентиляцию // Журнал С.О.К., 2012. №3. С. 66–69.

References — see p. 95.

Ventilation, technology, ecologic safety – one cycle. Pages. 68–69.

A. Yu. Morozov, PhD, Associate Professor; **Ju. I. Tolstova**, PhD, Associate Professor, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin" (Ekaterinburg city)

1. Morozov A. Ju., Shumilov R. N., Tolstova Ju. I., Ushakov M. G., Povyshenie jeffektivnosti ventiljacii v spekatel'nyh otdelenijah aglomeracionnyh fabrik [Increase ventilation efficiency in the sinter compartments of agglomeration plants] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo [Proc. of the universities. Construction]. 2009. No. 8. Pp. 48–54.
2. Metodika opredelenija predotvrashhennogo jekologicheskogo ushherba [The evaluation method of the prevented environmental damage]. Utv. Goskomjekologii Rossii 30.11.1999 [Appr. by the Russian State Committee on Ecology of Nov 30 of 1999]. Gos. kom. RF po ohrane okr. sredy [Russian State Committee for Environmental Protection]. Moscow. 1999. P. 98.
3. Morozov A. Ju. Ventiljacija i tehnologija — edinyj cikl pri proizvodstve aglomerata [Ventilation and technology — a single cycle in the sinter production]. Saarbrücken. LAP (Lambert Academic Publishing). 2015. 204 p.
4. Judashkin M. Ja. Pyleulavlivanie i ochildka gazov v chernoj metallurgii [Dust removal and purification of gases in the ferrous metallurgy]. 2nd edition, rev. and exp. Moscow. Izdatel'stvo Metallurgija ["Metallurgy" Publishers]. 1984. 320 p.
5. Tolstova Ju. I., Morozov A. Ju. Snizhenie zatrat na ventiljaciju [Reduction of costs of building ventilation system] // Zhurnal Santehnika, otopenie, kondicionirovanie (S.O.K.) [Journal of Plumbing, Heating, Air Conditioning and Ventilation.]. 2012. No. 3. Pp. 66–69.