

## Выбор технических решений по снижению вредного воздействия литейного плавильного объекта на окружающую среду

*Проанализированы и приведены основные источники и показатели по выбросам вредных газообразных веществ и пыли. Разработаны технические решения со ссылкой на нормативные документы по пылеподавлению и предотвращению выбросов вредных веществ в окружающую среду при производстве железоуглеродистых сплавов.*

**Ключевые слова:** выбросы вредных веществ, источники выбросов, нейтрализация отходящих газов, загрязняющие вещества, система пылеподавления, газоочистка.

**И**ндустриализация производства и рост промышленности вызывает постоянное загрязнение воздуха и воды, что оказывает вредное воздействие на здоровье человека и состояние окружающей среды [1].

Все известные технологические процессы производства чугуна, стали и их последующего передела сопровождаются образованием больших количеств отходов в виде вредных газов и пыли, шлаков, шламов, сточных вод, содержащих различные химические компоненты скрапа, окалины, боя огнеупоров, мусора и других выбросов, которые загрязняют атмосферу, воду и поверхность земли. Все металлургические переделы являются источниками загрязнения пылью, оксидами углерода и серы.

Изучение результатов предыдущих исследований [2] показало, что основные источники пыли и выбросов вредных веществ в литейных цехах – это плавильно-заливочные (в среднем 50,2 %), обрубочно-очистные (18,7 %), смесеприготовительные (7,8 %) и выбивные (9,1 %) участки. При этом значительные количества выбрасываемой пыли отмечаются в плавильно-заливочных отделениях литейных цехов мелкосерийного производства (около 66 %), где в качестве плавильных агрегатов применяют вагранки открытого типа. И совершенно иная картина имеет место в цехах массового производства (около 37 %), где плавильные агрегаты (вагранки, электродуговые печи) снабжены эффективными системами очистки.

В литейных цехах около 40-50 % газообразных и пылевых отходов приходится на долю плавильных агрегатов. Величина выбросов пыли в атмосферу колеблется от 0,3-0,4 кг/т выплавляемого металла в индукционных печах до 10-18 кг/т при плавке в вагранке закрытого типа с горячим дутьем. Состав пыли при плавке чугуна в вагранках включает: кремнезем, оксиды железа, глинозем и углерод, а при плавке в электропечах, в основном оксиды железа и кремния. Кроме пыли при плавке металла выделяется большое количество газов, в основном это оксиды углерода (CO), оксиды азота (NO) и сернистый газ [3].

При производстве стали в дуговых электрических печах в состав газов входит (в %): 5-70 – CO,

5-15 – CO<sub>2</sub>, 0,5-5 – H<sub>2</sub>, 3-10 – O<sub>2</sub>, остальное – N<sub>2</sub>. Газы, отводимые от электросталеплавильных печей, – взрывоопасны. Запыленность газа зависит от качества шихты и составляет от 2 до 10 г/м<sup>3</sup> (н) без продувки ванны кислородом и от 14 до 100 г/м<sup>3</sup> при продувке. Плотность пыли равна ~ 4 г/см<sup>3</sup> [4].

Количество выбросов пыли зависит от множества факторов и, как правило, при соблюдении технологической дисциплины и применении комплекса мер по вытяжке пыли, а также при использовании систем пылеподавления, процесс – управляемый. В первую очередь количество выбросов пыли зависит от шихты (степени ее чистоты и подготовки), от состояния оборудования, оснащенной вытяжными зонтами и системами вентиляции, от ведения процесса плавки (температурных параметров и при загрузке шихтовых материалов, флюсов и раскислителей).

При гигиенической оценке опасных и вредных производственных факторов, воздействующих на рабочих и подлежащих санитарному контролю, необходимо учитывать такие: инфракрасное и электромагнитное облучение, нагревающий микроклимат, шум, вибрацию, пыль, с определением ее концентрации и химического состава в воздухе рабочей зоны, в том числе содержание свободной двуокиси кремния, и физических свойств пыли (дисперсность, влажность, кристаллическая решетка, форма частиц и др.), пары вредных веществ.

Измерение параметров микроклимата в производственных помещениях (температура воздуха ограждающих поверхностей, относительная влажность, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения) следует производить в соответствии с требованиями Государственных санитарных норм и правил «Гигиеническая классификация труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса» [5]. Оценка санитарно-гигиенической эффективности вентиляции должна производиться в соответствии с ГОСТ «ССБТ. Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний» [6].

Проблема предупреждения выделения вредных веществ, их локализации и обезвреживания, утилизации отходов является особенно острой. Для этих целей необходимо применять комплекс природоохранных мероприятий, включающий использование:

- для очистки от пыли – искрогасителей, мокрых пылеуловителей, электростатических пылеуловителей, скрубберов (вагранки), тканевых фильтров (вагранки, дуговые и индукционные печи), щебеночных коллекторов (дуговые и индукционные электропечи);
- для дожигания ваграночных газов – рекуператоров, систем очистки газов, установок низкотемпературного окисления CO;
- для обеззараживания отвалов – устройств полигонов, биологической рекультивации, покрытый изоляционным слоем, закрепления грунтов и т. д.;
- для очистки сточных вод – механических, физико-химических и биологических методов очистки.

Технологические мероприятия обычно не могут обеспечить требования санитарных норм по содержанию вредных веществ и, как правило, количество выбросов вредных веществ превышает уровень предельно допустимых концентраций [7]. Поэтому в большинстве случаев необходима очистка отходящих газов от пыли и газообразных составляющих. Целью такой очистки является извлечение или нейтрализация вредных веществ, находящихся в газообразной, жидкой или твердой форме. Требования к очистке выбросов от пыли и газа предъявляются с учетом большого многообразия выбросов в атмосферу, их качественных и количественных особенностей, разной степени очистки. Соответственно разнообразны и методы очистки. Тем не менее, все методы могут быть условно разбиты на две основные группы. К первой относятся физические методы очистки газов от жидких и твердых частиц с использованием сил, имеющих физическую природу (гравитационные, инерционные, центробежные, электростатические и другие силы). Во второй группе для извлечения примесей из газовых потоков используются физико-химические методы. В зависимости от физико-химических свойств загрязняющих веществ и от условий, при которых осуществляется очистка, наиболее часто используются процессы абсорбции, адсорбции, окисления и восстановления, а также каталитические (обычно гетерогенные) химические реакции.

Образующиеся в процессе плавки газы содержат оксид углерода CO, поэтому перед направлением их на очистку CO дожигают в специальном устройстве. Газы содержат и пыль, состоящую из оксидов железа, кремния, алюминия, марганца и кальция. Отходящие газы очищают в сухом пластинчатом электрофилт্রে или в тканевом рукавном фильтре.

При любом высокотемпературном процессе образуются окислы азота за счет связывания кислорода и азота воздуха. Наиболее эффективными технологическими методами подавления образования оксидов азота в настоящее время считаются методы ступенчатого сжигания топлива, методы рециркуляции продуктов горения с организованным вводом их перед горелками в воздушный или газовый поток, что обеспечивает хорошее смешение рециркулянта с компо-

нентами горения и комбинированное использование методов ступенчатого сжигания и рециркуляции продуктов горения.

Для борьбы с выбросами вредных веществ в атмосферу при переливах жидкого металла традиционно применяют системы отвода выбросов и последующей очистки газов от пыли, но этого недостаточно, так как в газах содержатся газообразные вредные вещества, которые необходимо нейтрализовать до выброса в атмосферу.

Из последних разработок обращают на себя внимание созданные белорусскими учеными абсорбционно-биохимические установки очистки вентиляционного воздуха от вредных органических веществ в литейных цехах производительностью 5, 10, 20 и 30 тыс. м<sup>3</sup>/час [8]. Эти установки по совокупным показателям эффективности, экологичности, экономичности и надежности в эксплуатации значительно превосходят существующие традиционные газоочистные установки.

При плавке железоуглеродистых сплавов рекомендуется использовать технологическую газоочистку, направив туда выбросы с помощью зонтов специальной конструкции и укрывных тоннелей от каждого источника выбросов. В комплекс технологической газоочистки входит двухступенчатая система очистки выбросов от пыли с применением в качестве первой ступени циклонов, практически полностью улавливающих крупнодисперсную графитную спель [9], а в качестве второй ступени – рукавных фильтров, улавливающих бурый дым [10].

Для нейтрализации вредных газовых выбросов, образующихся в общем цеховом технологическом цикле, целесообразно применять газоконверторы, которые обеспечивают очистку воздуха за счет разложения молекул загрязняющих газов под воздействием барьерно-стимульного разряда высокой частоты [11]. В качестве примера в табл. 1-3 представлены технические характеристики единиц оборудования газоочистки некоторых производителей.

Все эти мероприятия требуют значительных затрат и инвестиций. Очевидно, следует, прежде всего, бороться не с последствиями поражения вредностями, а с причинами их возникновения. Это должно быть главным аргументом при выборе приоритетных направлений развития тех или иных технологий в литейном производстве [12]. С этой точки зрения использование электроэнергии при плавке металла наиболее

Таблица 1

**Технические характеристики газоконвертора «Ятаган 120,0 – 2000/8000 Laser MX»**

Наименование	Единица измерения	Показатели
Электропотребление	кВт/ч	не более 60
Производительность	м <sup>3</sup> /ч	от 54000 до 120000
Содержание загрязнений в воздухе	мг/м <sup>3</sup>	не более 8000
Электропитание	В, Гц	230, 50
Степень очистки	%	от 70 до 99

Таблица 2

## Технические характеристики циклона ЦМ-24-3000 (ПРОВЕНТ, г. Киев)

Наименование	Единица измерения	Показатели
Производительность по воздуху	м³/ч	114400
Диаметр	мм	3000
Высота	мм	12780
Масса	кг	4725

предпочтительно, так как при этом минимальны выбросы самих плавильных агрегатов. В решении проблемы образования и выбросов вредных веществ важным и целесообразным является комплексный подход в ее реализации, заключающийся в рассмотрении вопросов использования прогрессивных технологий и оборудования, способствующих снижению уровня выбросов вредных веществ в атмосферу.

Поэтому охрана окружающей среды является важным фактором модернизации литейного производства.

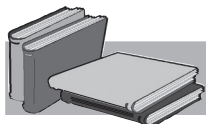
Разработаны мероприятия и общие технические рекомендации по снижению вредного воздействия

Таблица 3

## Технические характеристики рукавных фильтров марки КЕ-М-Л-С-Т (НПО «Техэлектросервис», г. Киев)

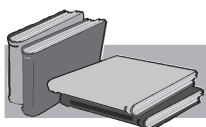
Наименование	Единица измерения	Показатели
Применение	–	фильтрация сухих и полусухих пылегазовых сред
Производительность	м³/ч	от 25000 до 2000000
Содержание загрязнений в воздухе	мг/м³	от max до 10
Остаточная запыленность	мг/м³	0,2
Стойкость фильтровальных элементов	лет	более 4 лет круглосуточной эксплуатации

литейных плавильных объекта на окружающую среду для вариантов, когда технологические решения не могут обеспечить санитарных норм по содержанию вредных веществ.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт журнала «Environment Insider». URL: <http://environmentinsider.com/impact-industrialization-environment/>.
2. Лазаренков А. М., Хорева С. А. Оценка выбросов вредных веществ в окружающую среду от источников литейных цехов // Литье и металлургия. – 2012. – № 3 (66). – С.74–76.
3. Ващенко К. И., Шумихин В. С. Плавка и внепечная обработка чугуна для отливок: Уч. пособ. – Киев: Вища школа, 1992. – 246 с.
4. Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Справ.изд.: В 2-х ч. Ч.2. Пер. с англ. / Под ред. Калверта С., Инглунда Г. М. – М.: Металлургия, 1988. – 81 с.
5. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу: 2014. – [затверджено наказом МОЗ України від 08.04.2014 № 248]. – К.: МОЗ України, 2014. – (Державні санітарні норми та правила України).
6. ССБТ. Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний: ГОСТ 12.3.018-79. [введен в действие 1981-01-01]. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1981.
7. Охорона природи. Атмосфера. Правила встановлення допустимих викидів шкідливих речовин промисловими підприємствами: ГОСТ 17.2.3.02-78. [введено в дію 1980-01-01]. – М.: Мінхімпром, 1980.
8. Сайт журнала «Промышленные экологические системы». URL: <http://ies.metolit.by>.
9. Сайт компании ООО «Компания Провент». URL: <http://provent.in.ua>.
10. Интернет-представительство НПО Техэлектросервис. URL: <http://www.sovplym.com.ua>.
11. Сайт компании «Завод Ятаган». URL: <http://www.yatagan.ru>.
12. Шалевская И. А. Мероприятия по снижению вредного воздействия литейной технологии на окружающую среду // Металл и литье Украины. – 2015. – № 11. – С. 36–39.



## REFERENCES

1. Sait zhurnala «Environment Insider» [Site of journal «Environment Insider»]. [environmentinsider.com/impact-industrialization-environment](http://environmentinsider.com/impact-industrialization-environment). URL: <http://environmentinsider.com/impact-industrialization-environment/> [in English].
2. Lazarenkov A. M., Khoreva S. A. (2012). Otsenka vybrosov vrednykh veshchestv v okruzhaiushchuiu sredu ot istochnikov liteinykh tsekhov [Evaluation of emissions of harmful substances into the environment from sources foundries]. Lit'e i metallurgii, no. 3 (66), pp. 74–76 [in Russian].

3. Vashchenko K. I., Shumikhin V. S. (1992). Plavka i vnepechnaia obrabotka chuguna dlia otlivok [Melting and ladle treatment for cast iron castings]. Kyiv: Vishcha shkola, 245 p. [in Russian].
4. Zashchita atmosfery ot promyshlennykh zagriaznenii [Atmosphere protection from industrial pollution]. Sprav. izd.: v 2-kh ch., Ch. 2, ed. by Kalvert S., Inglund G. M. Moscow: Metallurgiiia, 1988, 81 p. [in Russian].
5. Hiihienichna klasyfikatsiia pratsi za pokaznykamy shkidlyvosti ta nebezpechnosti faktoriv vyrobnychoho seredovshcha, vazhkosti ta napruzhenosti trudovoho protsesu [Hygienic classification of work by indicators of harm and danger environment factors, severity and intensity of the work process]. (2014). Derzhavni sanitarni normy ta pravyla from 08th April 2014, Kyiv: MOZ Ukrainy. [in Ukrainian].
6. GOST 12.3.018-79. SSBT Sistemy ventiliatsionnye. Metody aerodinamicheskikh ispytani (1981). [The system of occupational safety standards. System ventilation. Methods of aerodynamic testing]. Moscow: Gosudarstvennyi komitet SSSR po standartam [in Russian].
7. GOST 17.2.3.02-78. Okhorona pryrody. Atmosfera. Pravyla vstanovlennia dopustymykh vykydiv shkidlyvykh rehovyn promyslovymy pidpriemstvamy (1980). [Protection of nature. Atmosphere. Rules for establishing permissible emissions of harmful substances by industrial enterprises]. Moscow: Minkhinprom [in Ukrainian].
8. Sait zhurnala «Promyshlennye ekologicheskie sistemy» [Site of journal «Industrial environmental systems»]. ies.metolit.by. URL: <http://ies.metolit.by> [in Russian].
9. Sait kompanii OOO «Kompaniia Provent» [The website of the CLL «Company Provent»]. URL: <http://provent.in.ua> [in Russian].
10. Internet predstavitel'stvo NPO Tekhelektroservis [The Internet representation of the SPA Tehelektroservis]. URL: <http://www.sovplym.com.ua> [in Russian].
11. Sait kompanii «Zavod Yatagan» [The website of «Plant Yatagan»]. URL: <http://www.yatagan.ru> [in Russian].
12. Shalevskaia I. A. (2015). Meropriatia po snizheniu vrednogo vozdeistviia liteinoi tekhnologii na okruzhaiushchuiu srediu [Measures to reduce harmful influence of casting technology on the environment]. Metall i lit'e Ukrainy, no. 11, pp. 36–39 [in Russian].

## Анотація

Шалевська І. А.

Вибір технічних рішень зі зниження шкідливого впливу ливарного плавильного об'єкта на навколишнє середовище

Проаналізовано та наведено основні джерела та показники з викидів шкідливих газоподібних речовин і пилу. Розроблено технічні рішення з посиланням на нормативні документи з пілепригнічення і запобігання викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище при виробництві залізовуглецевих сплавів.

## Ключові слова

Викиди шкідливих речовин, джерела викидів, нейтралізація відхідних газів, забруднюючі речовини, система пилопригнічення, газоочищення.

## Summary

Shalevskaia I.

Selection of technical solutions to reduce the harmful effects of the casting object smelting on the environment

The major sources and indicators on emissions of harmful gaseous substances and dust are analyzed and presented. Technical solutions with reference to regulatory documents on dust suppression and prevention of emissions of harmful substances into the environment in the production of iron-carbon alloys are developed.

## Keywords

Emissions of harmful substances, sources of emissions, neutralization of waste gases, contaminants, dust suppression system, gas purification.

Поступила 19.04.17