

А.И. СТРЕЛЕЦ, профессор,

Н.Ю. ЛЯШОК,

ДонНТУ

В.И. СТРЕЛЕЦ, доцент,

Донецкий институт управления

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Составляя лишь 4,4% площади Украины, Донецкая область обеспечивает 20% промышленного производства. Имея низкий технический и организационный уровень, предприятия базовых отраслей промышленности при недостаточных финансовых средствах негативно влияют на окружающую среду. Этим обусловлена огромная техногенная и антропогенная нагрузка на единицу территории.

Многочисленные исследования, проведенные в отечественной и зарубежной практике, показывают, что возможность существенной замены металлов альтернативными материалами в ближайшее время отсутствует. Поэтому в концепции устойчивого развития, предполагающей мировой рост производства, объективно должно предусматриваться соответствующее развитие объемов металлургической продукции. Величина этого роста зависит от потребностей рынка и ограничивается состоянием окружающей среды. Основной вопрос заключается в том, как количественно определить эти ограничения. Особенно это важно для Донецкого региона, где высокая удельная интенсивность выбросов может оказаться (и уже оказывается) решающим фактором, воздействующим на природу и здоровье людей.

По данным статистического ежегодника Украины за 1999-2000г. и расчетов авторов, материалоемкость отечественного национального дохода по-прежнему остается высокой. Украина производит сырья, топлива, энергии на единицу ко-

нечной продукции в два – три раза больше, чем развитые промышленные страны. Удельный расход топливно-энергетических ресурсов в расчете на 1 млн. долл. валового национального продукта в Украине в период стабильного развития экономики составлял 796 т у. т., в США – 649, ФРГ – 385, Японии – 281; черных металлов соответственно 57, 25, 34 и 46 т. Это свидетельствует о расточительном использовании имеющихся ресурсов, нерациональной структуре экономики, в которой большой удельный вес занимают отрасли, оказывающие повышенную антропогенную нагрузку на природную среду.

Черная металлургия располагает значительными неиспользованными резервами экономии топливно-энергетических ресурсов. Энергоемкость продукции отечественных металлургических предприятий различна. Методические положения по ее расчету приведены в работе [4]. Исследования, проведенные авторами, показали, что комплексные затраты топлива, учитывающие прямые и косвенные составляющие по всему металлургическому циклу от руды до проката, в Украине по сравнению с промышленно-развитыми странами в расчете на 1 т проката существенно выше – 1,12 т у. т., против 0,86 в США и 0,59 в Японии. Полная энергоемкость 1 т чугуна представлена в табл. 1.

© А.И. Стрелец, Н.Ю. Ляшок,
В.И. Стрелец, 2002

Энергоёмкость выплавки чугуна, кг. у. т./т

Энергоресурсы	Украина	Япония	США	ФРГ
Железорудная часть шихты (добыча и обогащение железной руды, агломерат, окатыши)	259	193	215	191
Топливо (уголь, кокс, природный газ, мазут, пылеугольное топливо, коксовый газ и др.)	639	439	563	541
Прочие (электроэнергия, пар, дутьё, кислород и пр.)	86	90	122	139
Тепло, реализуемое на сторону	-185	-121	-195	-190
Итого	799	601	705	681

Анализ полученных результатов расчетов показывает, что полная энергоёмкость чугуна по Украине выше в сравнении с Японией на 33,8%, США – на 13,9% и ФРГ – на 19,7%, в том числе по расходу топлива непосредственно в доменную печь: с Японией – на 45,6%, США – 13,5% и ФРГ – на 18,1%. Затраты тепла на добычу и подготовку железной руды, производство агломерата и окатышей, расходуемых на 1т чугуна, значительно выше, чем в зарубежных странах (в сравнении с Японией на 34,6%, США – на 20,8%, ФРГ – на 35,9%), что объясняется, главным образом, двумя основными причинами.

Во-первых, более высокими расходными коэффициентами этих материалов на 1т чугуна (Украина – 1868 кг, Япония – 1615 кг, США – 1514 и ФРГ – 1572 кг), что обусловлено меньшим содержанием железа в железорудной части шихты: на 6,11% против Японии, 9,71% - США и 4,21% - ФРГ. Кроме того, в связи с использованием в доменных печах Японии высокопрочного агломерата, содержащего 1-5% мелких фракций против 16,3% на предприятиях Украины, вынос колошниковой пыли (уловленной) составляет 6-10кг/т чугуна против 30-40 кг на отечественных предприятиях.

Во-вторых, за рубежом при агломерации руд используются в больших количествах железосодержащие отходы и тепло отходящих газов. Так, расход окалины, железосодержащих шлаков, сварочного шлака и прочего сырья на аглофабриках Украины составляет 35-40

кг/т агломерата против 99кг/т в Японии, 65 кг/т – в США и 109 кг/т – в ФРГ. Повышение цен на сырье, материалы, топливо на внешнем рынке стимулировало западные страны к поиску и разработке менее энерго- и материалоемких технологических процессов, использованию дешевых видов топлива и материалов.

В затратах на выплавку чугуна кокс составляет более 70%, поэтому удельный показатель кокса во всех странах рассматривается как главный, определяющий уровень технологии доменного производства.

За последние годы расход кокса на выплавку 1т чугуна по Украине существенно возрос и остается выше, чем в промышленно развитых странах.

Наименьший удельный расход кокса в Японии – 485 кг/т. Значительно выше расход кокса в ФРГ – 525 кг/т и США – 539 кг/т. Низкий удельный расход кокса и энергии в доменном производстве Японии объясняется высоким техническим уровнем этого металлургического передела. Достижение низкого расхода кокса, прежде всего, обусловлено тщательной подготовкой шихты, повышенным давлением газа на колошнике, применением высокотемпературного дутья, оснащением агрегатов совершенными грузочными устройствами, широкомасштабным использованием пылеугольного топлива.

Исследования, проведенные на металлургических заводах Украины, показали, что удельные выбросы вредных

веществ за последние годы возросли. При этом в их структуре заметных изменений не произошло, что видно из данных табл. 2.

Сопоставление динамики уровней энергоемкости чугуна и выбросов вредных веществ на 1 т агломерата и чугуна

показывает, что объем вредных веществ тесным образом связан с количеством и качеством потребляемых топливно-энергетических ресурсов, интенсификацией технологий, степенью их замкнутости по отношению к окружающей среде.

Таблица 2

Удельные выбросы вредных веществ в агломерационном и доменном производств Украины (в среднем по отрасли, кг)

Составляющие вредных веществ	На 1 т агломерата		На 1 т чугуна	
	1990г.	1999г.	1990г.	1999г.
Пыль	2,3	2,7	2,1	2,4
CO	16,5	18,3	5,3	5,7
SO ₂	1,7	1,9	0,5	0,4
NO _x	0,4	0,5	0,1	0,2
H ₂ S	-	-	0,1	0,1
Всего	20,9	23,4	8,1	8,8

По разработанной авторами методике впервые предпринята попытка рассчитать интегральный показатель удельных выбросов вредных веществ от добычи железорудного сырья и топлива до собственно доменного передела и обслуживающих последнего производств внутри металлургических предприятий [4].

На металлургических предприятиях с полным циклом более 50% выбросов в атмосферу пыли, оксидов углерода, азота и серы приходится на долю агломерационных машин. Вредные выбросы на аглофабриках включают выбросы технологического происхождения, образующиеся в процессе спекания шихты, охлаждения агломерата и возврата, и неорганизованные выбросы, образующиеся в процессе дробления, грохочения и перегрузок шихтовых материалов и агломерата. Выбросы пыли с агломерационными газами находятся в пределах 5-20 кг/т агломерата. В целом валовые выбросы вредных веществ в среднем по предприятиям в расчете на 1т агломерата составляют 35,3 кг, в том числе пыль - 2,9 кг, CO - 27,9 кг, SO₂ - 3,90кг, NO_x - 0,6 кг. Удельные выбросы вредных веществ

по отдельным аглофабрикам отличаются на 30-50% и более. Запыленность агломерационных газов растет с увеличением доли концентрата в шихте и уменьшается с ростом удельной производительности агломашин.

Выбросы вредных веществ в расчете на 1т окатышей приняты на уровне 29,3 кг. Средние удельные выбросы вредных веществ на 1т кокса составляют 9,0 кг. Основное количество вредных веществ выделяется из коксового цеха.

Доменные цеха загрязняют атмосферу главным образом пылью и оксидом углерода, значительное количество пыли выделяется при складировании, усреднении и транспортировке шихтовых материалов. Особо пылящими материалами являются агломерат и окатыши. Удельный выброс пыли на 1т чугуна ориентировочно принимается равным на рудном дворе 50 кг, бункерной эстакаде 22 кг при высоте выделений 6-15м. Удельные выбросы пыли в подбункерном помещении, оборудованном вагон-весами, составляют в среднем 2,5-3,5 кг/т чугуна, а при подаче шихтовых материалов транспортерами удельные выбросы пыли снижаются до 0,2 кг/т чугу-

на. Из межконусного пространства печей выбрасывается до 4 кг пыли на 1 т чугуна.

В производстве извести для нужд аглодоменного комплекса удельные выбросы вредных веществ составляют 15,9 кг/т извести.

На объекты общезаводского хозяйства приходится 9,6% от общих выбро-

сов металлургических предприятий. Принимается, что 49% от этих выбросов приходится на аглофабрики и 21% - на доменные цеха.

На основе приведенных выше данных рассчитан интегральный показатель выбросов вредных веществ на 1 т передельного чугуна в динамике за 1990 и 1999 гг.

Таблица 3

Удельные выбросы вредных веществ в расчете на 1 т чугуна, кг:

Процессы	1990г.	1999г.
Производство подготовленного сырья	37,6	39,9
Производство чугуна	8,1	8,8
Производство кокса	4,7	4,8
Производство извести	4,1	3,6
Общезаводское хозяйство	4,3	4,9
Всего	58,8	62,0

Обработка полученных данных о количестве удельных выбросов вредных веществ (Ув.в., кг/т) в зависимости от величины полной энергоемкости 1 т чугуна (Э, кг у.т.) позволила установить следующую закономерность:

$$\text{Ув.в.} = 0,1399 \cdot \text{Э} - 48,57$$

Таким образом, при увеличении полной энергоемкости 1 т чугуна на 10 кг у. т. выход вредных веществ возрастает на 1,4 кг/т или 2,3%.

Масса выброса вредных веществ (за последние годы) сократилась в результате уменьшения объемов производства. Однако удельная их величина возрастает с ростом энергоемкости. Это следствие ухудшения стабильности работы на всех стадиях, снижения уровня управления производством.

Анализ величины выбросов в расчете на 100 единиц использованного условного топлива по отдельным предприятиям показал большие различия этого показателя, что наряду с неодинаковыми структурами, уровнем техники и технологии, объясняется недостатками учета вредных выбросов, а также различной

организацией и эффективностью их очистки.

Существующие на предприятиях методики учета вредных выбросов (особенно газообразных) в атмосферу основаны на экспериментальном определении концентрации вредных веществ в отходящих газах и скорости их движения, известных размерах поперечного сечения газового потока, а также отчетных данных о времени простоя оборудования. К недостаткам применяемых методик относятся: периодический характер отбора проб газа для анализа, большой интервал времени между отборами проб газа, случайное время отбора, недостаточная надежность отчетных данных о времени простоев оборудования и др. Предприятия испытывают острый дефицит приборов и лабораторного оборудования для замеров выбросов вредных веществ, практически не получают новых отечественных и зарубежных приборов. Расчеты и замеры каждым предприятием производятся в соответствии с имеющимися в их распоряжении различными методиками. Это свидетельствует о необходимости стандартизации указанных работ, повышении

технического обеспечения соответствующих служб.

Анализ образования вредных веществ на отдельных предприятиях позволяет сделать вывод, что отчетные данные формы 2 ТП (воздух) носят недостоверный характер. Они существенно отличаются от аналитических расчетов, выполняемых по специальной методике, суть которой состоит в том, что выбросы определяются по разработанным алгоритмам, учитывающим материальные балансы газообразных веществ. Такая работа должна проводиться регулярно с последующими перерасчетами результатов по агрессивности выбросов.

Исследование состояния экологии на металлургических предприятиях показало, что аглофабрики металлургических предприятий Украины имеют 441 источник выделения вредных веществ. Пылегазоочистными сооружениями оснащены 376 или 85,3%. Доменные цехи насчитывают 601 источник, из них оснащены газоочистными установками - 165 или 27,5%. Однако степень воздействия этих установок на улучшение окружающей среды явно недостаточна ввиду как неудовлетворительного их технического состояния, так и условий эксплуатации.

Степень очистки вредных выбросов по предприятиям Украины составляет 66,4% и колеблется по металлургическим предприятиям в пределах 44-80%. Наиболее высокая степень очистки вредных выбросов на комбинате "Криворожсталь" - 78,6%. На остальных предприятиях улавливается в среднем 44-60% вредных веществ. Многие установки неудовлетворительно используются во времени.

Средняя степень очистки твердых выбросов по предприятиям составляет 90,4%. Что же касается газообразных выбросов, то степень их очистки существенно ниже и в среднем составляет по предприятиям 22,3%, в том числе по сернистому ангидриду - 7,9%, окиси уг-

лерода - 25,5%, прочим - 11,9%;. Окись азота ни на одном предприятии не улавливается.

Таким образом, состояние пылегазоочистных установок на металлургических предприятиях требует особого внимания, поскольку значительное их количество физически и морально устарело, находится в неисправном состоянии и эффективно не используется. Следует провести инвентаризацию всех источников выделения вредных выбросов и оснащенности их ПГУ, решить вопрос обеспечения соответствующих служб предприятий специальными приборами и оборудованием, обеспечивающими объективный учет как поступающих на очистные сооружения, так и выбрасываемых в атмосферу вредных веществ.

Помимо определения целесообразных объемов производства, совершенствования технологии, определенным вкладом в решение экологической проблемы является снижение потребления топливно-энергетических ресурсов при производстве металлопродукции.

Возможности сокращения удельного расхода кокса существуют, что касается агломерата, то объемы его производства также можно значительно сократить за счет повышения уровня его качества, а также замены другим видом окускованного сырья - окатышами.

Производство заменителя агломерата - окатышей - обладает повышенной экологичностью: в отходящих газах обжиговых машин в несколько раз меньше токсичных соединений.

В сталеплавильном производстве предприятий региона должны быть продолжены работы по коренному улучшению качества стали, расширению её ассортимента, по экономии материальных и энергетических ресурсов. Имеется в виду внедрение агрегатов рафинирования стали в цикле "печь-ковш" и непрерывной её разливки на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Замена разливки стали в изложницы непре-

рывной разливкой приводит к уменьшению прокатной обрезки (образования оборотного скрапа) более, чем на 10%.

На предприятиях Донбасса расход стали на тонну проката составляет около 1300 кг (в России – 1242, в США – 1189, в Японии – 1044 кг), что обусловлено, прежде всего, ограниченным применением непрерывной разливки стали – всего 34,7 % (в России – 46, США – 76, Японии – 95%). Вследствие этого энергоемкость проката, производимого на наших предприятиях, на 30% выше, чем, например, в Японии и составляет до 40% от себестоимости металла, что является непомерно высоким и не имеет прецедента в мировой практике.

Доля различных процессов производства стали в общей ее выплавке на предприятиях региона составляет, %:

кислородно-конвертерной стали – 51,2;

электростали – 4,1;

мартеновской – 44,7.

В мире эти показатели представлены соответственно 60; 33; и 7%. В России устаревший мартеновский способ производства сокращают на первом этапе до 15%; в дальнейшем основное производство стали будет сосредоточено в конвертерах (60%) и электропечах (35%).

Дело в том, что по всеобщему признанию, мартеновский способ получения стали уступает конвертерному по ряду показателей (табл. 4)

Удельный расход топлива в мартеновских печах составляет около 100 кг у.т./т. Энергоемкость стали в зависимости от доли лома в шихте составляет 600-650 кг у.т./т. При равном использовании лома энергоемкость мартеновской стали на 60-80 кг у.т./т выше конвертерной. Наоборот, при среднем фактическом использовании лома энергоемкость мартеновской стали на 30-40 кг у. т./т ниже, чем стали конвертерного производства.

Таблица 4

Расход материалов и энергоносителей, производительность при выплавке стали в различных агрегатах

Показатели	Виды стали		
	мартеновская	конвертерная	электросталь
Расход материалов, кг/т:			
Чугун	518	834	33
Лом	511	281	1065
Огнеупоры	24,9	19,6	30,3
Топливо, кг у. т./т	131	8	32
Кислород, м ³ /т	52	66	28
Электроэнергия, кВт.ч/т	15	33	666
Выплавка на одного работающего, т/год	2225	3334	648
Производительность, т/ч	30-45	230	10-50

В мировой практике основными направлениями снижения материальных и энергетических затрат в сталеплавильном производстве являются: ликвидация мартеновского производства; внедрение непрерывной разливки стали; увеличение доли лома в составе шихты конвертеров; утилизация отходов и вторичных энергоресурсов.

На предприятиях региона значительное сокращение мартеновского производства в ближайшие годы не предусмотрено, в основном, из-за отсутствия необходимых инвестиций. Кроме того, повышенный расход лома при выплавке мартеновской стали, как уже отмечалось, значительно снижает ее энергоемкость, а для конвертерной стали приводит к ее повышению.

Экологическая ситуация в отрасли последовательно должна улучшаться за счет модернизации технологии, обеспечения умеренных объемов производства продукции, поддержания газоочисток, аспирационных установок в работоспособном состоянии, внедрения новых современных электро- и тканевых фильтров на самых запыленных трактах отвода технологических газов (по опыту Енакиевского завода, металлургических комбинатов им. Ильича и "Азовсталь").

По охране от загрязнений атмосферного воздуха актуальными являются в отдаленной перспективе постепенный переход на конвертерный и электродуговой способы производства стали и ликвидация мартеновского способа; расширение способа бездымной загрузки угля и сухого способа тушения кокса фенольной водой, полная очистка коксового газа от сероводорода.

Для охраны окружающей среды от загрязнений различными отходами, необходимо реализовать программу утилизации ценных отходов в промышленности в качестве вторичного сырья; строительство полигонов и заводов по обезвреживанию, утилизации и захоронению токсичных отходов. По обеспечению радиационной безопасности следует ввести систематический контроль радиационного загрязнения металлолома и металлопродукции.

Важнейшие организационные мероприятия для региона касаются всеобщего экологического образования, в том числе, в производственных коллективах.

Уменьшение валовых выбросов вредных веществ, сокращение энергозатрат должно осуществляться на основе экономически обоснованных объемов производства. В случае уменьшения объемов производства, в первую очередь, целесообразно останавливать или сокращать мощности тех агрегатов, продукция которых имеет более высокую энергоемкость или же дает предприятию наименьшую прибыль.

Оценку энергоэкологической эффективности перспектив развития металлургии следует производить в кг суммарного условного топлива и всего комплекса экологически вредных выбросов на единицу конечной продукции. Для этого могут быть использованы методика определения полной энергоемкости, впервые разработанная методика определения суммарных экологических последствий, а также установленная количественная взаимосвязь. Это позволит осуществлять оценку последствий развития отрасли в национальном масштабе, учитывать структуру формирования полной энергоемкости и полных экологических выбросов на всех этапах жизненного цикла металлопродукции.

Реально указанная задача может быть решена при создании соответствующей информационной базы расчета полной энергоемкости металлопродукции и полных удельных величин экологически вредных выбросов с учетом их агрессивности.

Список литературы

1. Арский Ю.М., Данилов-Данильян В.И. Экологические проблемы. - М.: Изд-во МИЭПУ, 1997.
2. Лисин В.С., Юсфин Ю.С. Ресурсо-экологические проблемы XXI века и металлургия. - М.: высшая школа, 1998.
3. Реймерс Н.Ф. Экология. Теория, законы, правила, принципы и гипотезы. - М.: Россия Молодая, 1997.
4. Стрелец А.И. и др. Организационные проблемы повышения эффективности доменного производства. - М.: Металлургия, 1986.
5. Юсфин Ю.С. Металлургия и окружающая среда. Труды 5-го международного конгресса доменщиков. - Днепропетровск: "Пороги", 1999.
6. Доклад государственного управления экологической безопасностью в Донецкой области "О состоянии окружающей природной среды в Донецкой области за 1999 год. - Донецк, 2000.