



УДК 662.74.628.51

**Е.Т. КОВАЛЕВ**, докт. техн. наук, профессор, директор, **А.С. МАЛЫШ**, канд. техн. наук, с.н.с., ведущий научный сотрудник,**А.Л. БОРИСЕНКО**, канд. техн. наук, с.н.с., заведующий отделом,**Е.Ю. СПИРИНА-СМИЛКА**, канд. техн. наук, научный сотрудник

Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт» (ГП «УХИН»), г. Харьков

## ПОКАЗАТЕЛИ ЭМИССИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ОСНОВНЫХ ПРОИЗВОДСТВ КОКСОХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Приведены сравнительные данные показателей эмиссии для отдельных производств коксохимических заводов. Разработаны показатели (удельные выбросы) загрязняющих веществ в атмосферный воздух для коксохимических предприятий Украины в связи с внедрением природоохранных мероприятий. Рассмотрены экологические проблемы коксохимических производств.

**Ключевые слова:** показатели эмиссии, загрязняющие вещества, атмосферный воздух, природоохранные мероприятия, дымовые трубы, улавливание химических продуктов коксования.

Разработка показателей эмиссии (удельных выбросов) загрязняющих веществ в атмосферный воздух выполняется на основе Закона Украины «Про охорону атмосферного повітря» [1] и Постановления Кабинета Министров Украины «Про затвердження порядку ведення державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря» от 13.12.2001 г. № 1655 [2]. Данные показатели устанавливаются для технологических процессов, установок и оборудования, которые относятся к производству кокса, улавливанию и переработке химических продуктов коксования.

Показатели эмиссии рассчитываются на единицу продукции или сырья в соответствии с уровнем научно-технического прогресса, технологического состояния оборудования и с учетом используемого сырья, эффективности работы газоочистного оборудования и других технологических параметров.

В 2007 г. ГП «УХИН» разработал показатели эмиссии загрязняющих веществ в атмосферный воздух основных производств коксохимических предприятий. Они должны были действовать до 2010 г., но письмом Минприроды № 15012/12/10-11 от 12.08.2011 г. их действие было продлено до 01.01.2013 г. [3]. С 2007 г. произошли определенные изменения как на предприятиях, так и в нормативной документации, в связи с чем возникла необходимость пересмотра отраслевой инструкции по расчету валовых выбросов на основе показателей эмиссии для коксохимических заводов с учетом разработанных документов, обосновывающих объемы

выбросов загрязняющих веществ для получения разрешения на выбросы.

Валовые выбросы загрязняющих веществ от коксохимических предприятий ежегодно снижаются как за счет внедрения природоохранных мероприятий, так и за счет сокращения производства кокса. Средние показатели эмиссии (удельные выбросы) за 2011 г. по коксохимическим предприятиям составили 3,58 кг/т кокса, понизившись на 0,27 кг/т в сравнении с 2008 г. Тем не менее загрязнение атмосферного воздуха остается еще достаточно высоким. Это обусловлено низкими темпами проведения реконструкции и внедрения современных технологических процессов и оборудования.

Степень достоверности определения выбросов загрязняющих веществ и установления показателей эмиссии в значительной мере зависит от типа источников выбросов и возможности проведения на них инструментальных замеров.

В коксохимической промышленности значительное количество источников носит неорганизованный характер (рассеянные выбросы). Большая часть из них имеет газовые выбросы с высокой температурой. Это такие источники, как выдача кокса, загрузка шихты, газование дверей, люков, стояков, выбросы от башен тушения кокса. Расчет выбросов по этим источникам может быть выполнен только на основе показателей эмиссии.

При разработке этих показателей было учтено увеличение периодов коксования в последние годы до 18–30 часов, в то время как проектные периоды коксования

составляют 14–15 часов. При работе коксовых батарей на удлинённых периодах коксования вырабатывается кокс высокой степени готовности. При этом такие ингредиенты, как аммиак, цианистый водород, сероводород и фенол, практически полностью отгазовываются с коксовым газом, что уменьшает их количество при выдаче кокса. Снижаются также и выбросы твердых веществ (коксовой пыли). Внедрение комплекса природоохранных мероприятий при строительстве или реконструкции коксовых батарей будет способствовать дальнейшему сокращению выбросов вредных веществ.

За последнее время в эксплуатацию были введены следующие коксовые батареи: №4 ПАО «Ясиновский коксохимический завод» (с возможностью коксования термолетготовленной шихты), №10-бис ПАО «Алчевсккокс» (трамбованная шихта и сухое тушение кокса), №3, 4 КХП ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», №3 ПАО «Авдеевский КХЗ», №4 КХП ПАО «МК «Азовсталь», №2 ЧАО «Макеевкокс» [4]. На всех коксохимических заводах обеспечена локализация газов, образующихся при загрузке коксовых печей, с передачей их в газосборник или соседнюю печь коксовой батареи и установлены газоплотные двери. Кроме того, мокрое тушение кокса осуществляется только биохимически очищенной водой, на углеподготовках и коксортировках используются эффективные газоочистные устройства.

В сырьевой базе коксования тоже произошли определенные изменения. В частности, доля зарубежных углей в шихте (Россия, США) возросла до 50 %.

Из-за нестабильности рынка кокса в последние годы возросли объемы нереализованных запасов этого продукта, в связи с чем угольные склады стали частич-

но использовать для складирования кокса. При разработке удельных показателей был внесен источник «хранение кокса на складе»; показатели эмиссии веществ в виде суспендированных твердых частиц, которые выбрасываются в атмосферу, рассчитаны с учетом этого источника.

Значения показателей эмиссии (удельных выбросов) от некоторых неорганизованных источников коксового цеха приведены в табл. 1.

Следует отметить, что для загрузки шихты меньшие значения показателей эмиссии принимаются при эффективности бездымной загрузки, равной 95 %, а большие – 90 %. При этом большие значения удельных величин принимаются для коксовых батарей со сроком эксплуатации свыше 20 лет, меньшие – до 10 лет. Для других коксовых батарей принимаются промежуточные величины. При расчете валовых выбросов загрязняющих веществ возможно использование промежуточных значений показателей эмиссии и в других случаях – для конкретных предприятий с учетом периодов коксования, особенностей работы коксовых батарей, их технического состояния.

При наличии на данных источниках выбросов дополнительных природоохранных мероприятий удельный показатель устанавливается с учетом их эффективности по формуле

$$g' = g(1 - \eta),$$

где  $g'$  – удельный показатель выброса с учетом природоохранных мероприятий, г/т кокса;

$g$  – удельный показатель из табл. 1;

**Таблица 1 – Показатели эмиссии (удельные выбросы) коксовой батареи (неорганизованные источники), г/т кокса**

Источник выброса	Загрязняющее вещество										
	Вещества в виде суспендир. твердых частиц	CO	NO <sub>x</sub> в пересчете на NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S	HCN	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	Бенз[а]пирен
Загрузка шихты с инъекцией газов загрузки	5,0–10,0	2,5–5,0	1,3–2,5	1,5–3,0	0,8–1,5	0,3–0,5	0,05–0,1	1,0–2,0	0,05–0,1	–	0,0001
Выдача кокса без установок по локализации и очистке выбросов	200–300	10,0–30,0	10,0–20,0	10,0–15,0	0,2–0,5	0,1–0,3	0,05–0,08	1,5–4,0	0,05–0,1	0,1–0,3	0,0005–0,001
Выдача кокса с установками по локализации и очистке выбросов (стационарная УБВК)	56,0–84,0	10,0–30,0	10,0–20,0	10,0–15,0	0,2–0,5	0,1–0,3	0,05–0,08	1,5–4,0	0,05–0,1	0,1–0,3	0,00014–0,00028
Коксортировка:											
• при мокром тушении кокса;	3,0–5,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
• при сухом тушении кокса	250,0–300,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Хранение кокса при 6 % влажности на складе	1,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–



$\eta$  – коэффициент очистки, который указывается в проектной документации или паспортах на природоохранное и другое оборудование.

При наличии установки беспылевой выдачи кокса (УБВК) локального типа показатель эмиссии веществ в виде суспендированных твердых частиц составляет 88–132 г/т кокса.

К организованным источникам выбросов относятся дымовые трубы коксовых батарей, газоочистные установки и др. Показатели эмиссии (удельные выбросы) по таким источникам могут быть уточнены при проведении инвентаризации выбросов загрязняющих веществ с помощью инструментальных замеров.

На ряде коксохимических предприятий для достижения технологических нормативов допустимых выбросов были внедрены природоохранные мероприятия и усовершенствованы некоторые технологические процессы (например, система обогрева коксовых печей) [5, 6].

Благодаря внедрению текущих технологических нормативов снизились удельные показатели выбросов от дымовых труб коксовых батарей по оксидам азота, оксиду углерода и веществам в виде суспендированных твердых частиц. Данные по некоторым заводам приведены в табл. 2.

Выбросы диоксида серы рассчитываются по содержанию сероводорода в обратном коксовом газе по формуле

$$E_{SO_2} = V_{к.г} \cdot \rho_{H_2S} \cdot 1,88 \cdot 10^{-6},$$

где  $V_{к.г}$  – объем сжигаемого коксового газа,  $m^3$  (здесь и далее приведенный к температуре 20 °С, давлению 101,3 кПа) за определенный промежуток времени;

$E_{SO_2}$  – валовый выброс  $SO_2$  за такой же промежуток времени, т;

$\rho_{H_2S}$  – концентрация сероводорода в коксовом газе (определяется ЦЗЛ);

1,88 – коэффициент пересчета  $H_2S$  в  $SO_2$  (отношение молекулярных масс  $SO_2$  и  $H_2S$ );

$10^{-6}$  – коэффициент пересчета г в т.

В последние годы практически на всех коксохимических заводах внедряются коллекторные системы сбора выбросов загрязняющих веществ из хранилищ и емкостей, либо на отдельные хранилища устанавливаются дыхательные клапаны, что обеспечивает снижение выбросов не менее чем на 90 %. Это, соответственно, требует внесения изменений в показатели эмиссии (удельные выбросы).

Проведенный анализ внедренных природоохранных мероприятий в цехах улавливания и переработки химических продуктов коксования показал, что количество источников выбросов, оснащенных коллекторными системами, составляет от 30 до 90 % по разным заводам. Выбросы загрязняющих веществ по организованным источникам, таким как трубчатые печи, газоочистные установки, сушка сульфата аммония, уточнены на основе инструментальных замеров, проведенных при корректировке инвентаризации источников выбросов [7–10].

Для удобства расчета платежей за выбросы от большого количества источников показатели эмиссии рассчитаны по технологическим переделам, например: отделение конденсации, сульфатное отделение, отделение ректификации сырого бензола, переработка каменноугольной смолы, сероочистка коксового газа.

**Таблица 2 – Показатели эмиссии (удельные выбросы) загрязняющих веществ из дымовых труб коксовых батарей, г/м<sup>3</sup> коксового газа**

Название завода	Загрязняющее вещество			
	СО	NO <sub>x</sub> в пересчете на NO <sub>2</sub>	Вещества в виде суспенд. твердых частиц	Бенз/а/пирен x10 <sup>-6</sup>
Все заводы (показатели эмиссии 2007 г.)	1,5–6,5	1,5–5,5	0,1–0,75	5,0–15,0
Все заводы (показатели эмиссии 2012 г.)	1,5–4,5	1,5–4,0	0,05–0,5	5,0–13,0
ПАО «ЕВРАЗ Баглейкокс»	2,2–3,0	2,6–2,9	0,3–0,4	6,4–8,0
ПАО «Запорожкокс»	2,8–3,3	2,5–2,7	0,5	8,0–10,0
ПАО «ЕВРАЗ Днепродзержинский КХЗ»	3,75–4,0	3,8–3,9	0,25–0,27	4,5–4,6
ПАО «Ясиновский КХЗ»	2,0–2,4	2,0–2,8	0,2–0,4	7,0
ЧАО «Енакиевский КХП»	3,3–4,3	2,4–2,7	0,4–0,5	8,5–10,0
ЧАО «Макеевкокс»	3,5–3,7	2,6–2,9	0,3–0,35	6,6–7,4
ПАО «ЕВРАЗ-ДМЗ им. Петровского»	2,25–2,9	3,8–4,0	0,33	5,0–10,0
ПАО «Авдеевский КХЗ»	1,85–4,5	2,3–2,7	0,45–0,5	5,5–8,5
ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»	1,9–3,8	1,8–3,3	0,2–0,5	8,8–12,9
ПАО «Алчевсккокс»	1,75–3,0	1,98–2,5	0,1–0,15	5,0–10,0
ПрАО «Харьковский коксовый завод»	1,9	2,0	0,16	8,0

Скорректированные (на основании данных инвентаризации по разным заводам) показатели эмиссии на примере отделения конденсации приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, удельные выбросы ПАО «Ясиновский КХЗ» ниже общеотраслевых. Это обусловлено тем, что на данном предприятии более 90 % источников цеха улавливания химических продуктов коксования оборудованы дыхательными клапанами – гидравлическими (ГДК) либо механическими (СМДК).

На всех коксохимических предприятиях, кроме ПАО «Алчевсккокс», закрыт цикл конечного охлаждения коксового газа, что позволило снизить выбросы таких загрязняющих веществ, как аммиак, цианистый водород, серы диоксид, сероводород, бензол, нафталин. На 10 из 14 коксохимических заводов проведено крупное природоохранное мероприятие – внедрена глубокая очистка коксового газа от сероводорода, обеспечивающая кон-

центрацию SO<sub>2</sub> не более 500 мг/м<sup>3</sup> в дымовых газах от топливоиспользующего оборудования.

Очистка коксового газа от сероводорода с применением более эффективного поглотителя – моноэтаноламина – внедрена на предприятиях ПАО «Евраз Баглейкокс», ПАО «Ясиновский КХЗ», ЧАО «Макеевкокс», ЧАО «Енакиевский КХЗ» и находится в стадии внедрения в ПАО «Евраз Днепродзержинский КХЗ».

Проведен сравнительный анализ способов серочистки на коксохимических предприятиях и на его основе скорректированы показатели эмиссии загрязняющих веществ цеха серочистки (табл. 4).

В коксохимическом производстве кроме основных цехов имеются еще и вспомогательные – теплосиловые, в которых вырабатывается пар для нужд предприятия, а также небольшие ремонтные цеха, которые обеспечивают ремонт отдельного оборудования.

**Таблица 3 – Показатели эмиссии (удельные выбросы) цеха улавливания отделения конденсации химических продуктов коксования, г/т кокса**

Название завода	Загрязняющее вещество					
	H <sub>2</sub> S	NH <sub>3</sub>	HCN	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> OH	Бензол	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>
Все коксохимические заводы, 2007 г.	1,5 0,4	2,0 0,6	0,5 0,15	0,5 0,15	2,5 0,75	1,5 0,4
Все коксохимические заводы, 2012 г.	1,0 0,15	1,4 0,2	0,35 0,05	0,35 0,05	1,25 0,25	1,05 0,15
ПАО «Ясиновский КХЗ»	0,032	0,14	0,01	0,01	0,08	0,068
ЧАО «Макеевкокс»*)	0,71	1,86	0,22	0,21	0,73	0,68
ПАО «ЕВРАЗ-ДМЗ им. Петровского»	0,18	0,86	0,048	0,092	0,37	0,23
ПАО «Авдеевский КХЗ»	0,42	1,25	0,35	0,18	0,33	1,05
ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»*)	0,46	0,63	0,04	0,034	0,47	0,68
ПАО «ЕВРАЗ Баглейкокс»	0,2	0,5	0,018	0,037	0,26	0,06
ПАО «ЕВРАЗ Днепродзержинский КХЗ»	0,865	0,95	0,05	0,12	0,22	1,05
ПАО «Алчевсккокс»	0,57	0,75	0,3	0,4	1,2	1,05
ПАО «Запорожкокс»	0,5	0,5	0,018	0,013	0,15	0,11

**Примечание.** Максимальные цифры принимаются для источников выбросов, оборудованных частично (не менее 30 %) системами дыхательных клапанов (ДК) для снижения выбросов. Минимальные значения принимаются для предприятий, на которых источники выбросов оборудованы ДК или коллекторной системой, не менее 80–90 % от общего количества источников. Для предприятий, оборудованных частично системами по снижению выбросов (но не менее 50 %) для расчета выбросов принимаются средние значения.  
\*) Данные по удельным выбросам приведены на основе инвентаризации без учета внедрения коллекторной системы сбора выбросов загрязняющих веществ.

**Таблица 4 – Показатели эмиссии (удельные выбросы) загрязняющих веществ цеха серочистки, г/т кокса**

Наименование установки	Загрязняющее вещество						
	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> S	HCN	NOx	Моноэтаноламин	Сера элементарная
Арсеново-содовая	1,0–5,0	0,05–0,1	0,1–0,2	0,025	–	–	0,5–1,0
Вакуум-карбонатная	50–150	1,0–3,0	0,2–0,5	0,1–0,2	0,7	–	–
Моноэтаноламиновая	50–150	0,5–1,0	0,7	0,2–0,3	2,5	0,06	–

**Примечание.** Удельные выбросы зависят от степени оснащения технологического оборудования средствами по снижению выбросов загрязняющих веществ и нагрузки оборудования.



Основное количество загрязняющих веществ выбрасывается в атмосферу от котельных установок. Нами были проанализированы данные по выбросам оксидов азота и оксида углерода от котельных, проведено их сравнение с установленными величинами утвержденных технологических нормативов допустимых выбросов и внесены соответствующие изменения в показатели эмиссии (табл. 5).

**Таблица 5 – Показатели эмиссии (удельные выбросы) загрязняющих веществ от котлоагрегатов**

Источник выброса	Загрязняющее вещество	
	СО	NOx
При отоплении коксовым газом, г/ГДж	30–60	60–120
При отоплении доменным газом, г/ГДж	25–50	50–100
При отоплении коксовым/доменным газом, г/ГДж	20–35	50–120

Выбросы загрязняющих веществ от других источников вспомогательных цехов (ремонтно-механических, строительных и др.) рассчитываются по показателям эмиссии, приведенным в документах [11, 12]. Показатели эмиссии (удельные выбросы) парниковых газов от коксовых печей и других топливоиспользующих установок остаются практически без изменений.

Общее количество выбросов загрязняющих веществ по коксохимическим заводам составляет ~70,044 тыс. т/год (данные за 2011 г.), при этом 96,0 % выбросов приходится на четыре компонента: 27,5 % составляют выбросы диоксида серы, 23,2 % – оксида азота, 32,0 % – оксида углерода и 13,3 % – веществ в виде суспендированных твердых частиц.

## ВЫВОДЫ

1. Разработанные показатели эмиссии (удельные выбросы) загрязняющих веществ в атмосферный воздух от основных цехов коксохимических заводов используются для расчета валовых выбросов при составлении статистической отчетности и начислении сбора за загрязнение ОПС.

2. Снижению выбросов (уменьшению показателей эмиссии) загрязняющих веществ в атмосферу способствует комплекс внедренных на коксохимических заводах природоохранных мероприятий, таких как:

- строительство новых или реконструкция действующих коксовых батарей;
- использование на углеподготовках и коксортировках эффективных газоочистных устройств;

- закрытие цикла конечного охлаждения коксового газа;
- очистка коксового газа от сероводорода;
- реконструкция установки биохимической очистки сточных вод;
- применение коллекторных систем сбора выбросов загрязняющих веществ из хранилищ и емкостей;
- установка дыхательных клапанов на отдельные хранилища.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» (із змінами, внесеними згідно із Законом № 1745-IV від 03.06.2004, ВВР, 2004, № 36, ст. 434), 1992, № 2707-XII [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2707-12>.
2. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження порядку ведення державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря» від 13.12.2001 р. № 1655 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1655-2001-%D0%BF>.
3. Показники емісії (питомі викиди) забруднюючих речовин в атмосферне повітря основних виробництв коксохімічних підприємств. – X., 2007. – 166 с.
4. Ковалев, Е.Т. Анализ технического состояния коксохимических предприятий Украины и возможность внедрения на них наилучших доступных технологий / Е.Т. Ковалев, А.Л. Борисенко, А.С. Малыш // Экология и промышленность. – 2011. – № 4. – С. 13–17.
5. Приказ Минприроды Украины № 507 от 15.09.2009. «Про затвердження технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин від коксових печей» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0965-09>.
6. Васильев, Ю.С. О внедрении технологических нормативов выбросов на коксовых печах и мероприятия по их достижению / Ю.С. Васильев, А.С. Малыш, А.Л. Борисенко, К.Е. Герман // Углекислотный журнал. – 2010. – № 3–4. – С. 104–110.
7. Корректировка инвентаризации выбросов загрязняющих веществ основных цехов ОАО «Авдеевский коксохимический завод»: отчет. – 2008. – 174 с.
8. Технический отчет об инвентаризации источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на территории ОАО «Алчевский коксохимический завод». – 2009. – 516 с.
9. Корректировка инвентаризации выбросов загрязняющих веществ основных цехов ЗАО «Макеевкокс»: отчет. – 2008. – 143 с.

10. Корректировка инвентаризации выбросов загрязняющих веществ ОАО «Ясиновский коксохимический завод»: отчет. – 2008 – 167 с.
11. Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами: т. 3. – Донецьк: Український науковий центр технічної екології, 2004. – 119 с.
12. Показники емісії (питомі викиди) забруднюючих речовин від процесів електро-, газозварювання, наплавлювання, електро-, газорізання та напильовання металів [Електронний ресурс]. – К., 2003. – Режим доступу: <http://www.eol-ua.com/ru/normativna-baza-dya-ekologiv.html>.

*Поступила в редакцію 11.02.2013*

Наведено порівняльні дані показників емісії для окремих виробництв підприємств коксохімічних заводів. Розроблено показники (питомі викиди) забруднюючих речовин в атмосферне повітря для коксохімічних заводів України у зв'язку з впровадженням природоохоронних заходів. Розглянута екологічні проблеми коксохімічних підприємств.

Comparative data of emission factors for separate productions of by-product coke plants are cited. Factors (specific emissions) of contaminants into atmosphere for by-product coke plants of Ukraine in connection with introduction of environmental protection actions are developed. Environmental problems of by-product coke enterprises are considered.