

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	4
ПРЕДИСЛОВИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ	7
1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	9
1.1. Загрязнение атмосферы выбросами коксохимического производства	9
1.2. Загрязнение техносферы твёрдыми и жидкими отходами коксохимического производства	16
1.3. Загрязнение техносферы сточными водами коксохимического производства	22
1.4. Экологические риски производственной деятельности	28
Выводы	36
2. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА КОКСОХИМИЧЕСКИМ ПРОИЗВОДСТВОМ	38
2.1. Методика оценки экологического риска	38
2.2. Оценка риска от загрязнения атмосферного воздуха организованными источниками выбросов углекислых цехов	39
2.2.1. Расчёт риска от выбросов в атмосферу углеподготовительного цеха	39
2.2.2. Расчёт риска от выбросов в атмосферу углеобогадательного цеха	41
2.2.3. Расчёт риска от организованных источников выбросов коксового цеха	42
2.3. Расчёт риска от неорганизованных источников выбросов коксового цеха	44
2.4. Оценка риска от цехов улавливания и переработки химических продуктов коксования	46
2.4.1. Оценка риска выбросов в атмосферу цеха химулавливания	46
2.4.2. Оценка риска выбросов в атмосферу бензольно-ректификационного цеха	49
2.4.3. Оценка риска выбросов в атмосферу смолоперерабатывающего цеха	50
2.5. Оценка риска выбросов в атмосферу цеха биохимической очистки сточных вод	54
2.6. Анализ экологического риска	57
Выводы	60
3. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ПАРОГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ОТ ЁМКОСТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЦЕХОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	62
3.1. Алгоритм расчета количества и состава парогазовоздушных выбросов из воздушников ёмкостного оборудования	62
3.2. Исследование состава и количества парогазовых выбросов смолоперерабатывающего цеха	64
3.3. Исследование состава и количества парогазовоздушных выбросов при переработке сырого бензола	76
3.4. Исследование состава выбросов ёмкостного оборудования методами инструментальных замеров	82
Выводы	82
4. РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ЗАЩИТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ ОТ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ КОКСОВЫХ ЦЕХОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	84
4.1. Беспылевая выдача кокса	84
4.2. Каталитическая очистка выбросов установки сухого тушения кокса	86
Выводы	91
5. РАЗРАБОТКА НА ОСНОВЕ РАСЧЁТОВ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ ОТ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЫБРОСОВ ХИМИЧЕСКИХ ЦЕХОВ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	92
5.1. Коллекторные системы сбора и утилизации выбросов коксохимического производства	92
5.1.1. Основные принципы построения коллекторных систем	92
5.1.2. Коллекторная система сбора и утилизации выбросов установки получения электродного пека	95
5.1.3. Коллекторная система сбора и утилизации выбросов смолоперерабатывающего цеха	99
5.1.4. Коллекторная система сбора и утилизации выбросов переработки сырого бензола	105
5.2. Локальные системы сбора и подавления парогазовых выбросов в атмосферу ёмкостного оборудования	110
5.3. Очистка выбросов загрязняющих веществ с поверхности сооружений и оборудования установки биохимической очистки сточных вод	115
5.4. Разработка технологических приёмов снижения вредных факторов производства	117
5.4.1. Гидроциклонная установка очистки аммиачной воды	118
5.4.2. Снижение выбросов в атмосферу бессатураторной установки	119
5.4.3. Конечное охлаждение коксового газа в закрытой теплообменной аппаратуре	120
Выводы	121
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	123
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	124

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ASTM – American Society for Testing and Materials (американская международная организация, разрабатывающая и издающая добровольные стандарты для материалов, продуктов, систем и услуг)

АлКХЗ – Алтайский коксохимический завод

АС – аспирационная система

БП – бенз[а]пирен

БПК – биохимическое потребление кислорода

БРЦ – бензольно-ректификационный цех

БТКС – бензол-толуол-ксилол-растворитель

БХО – биохимическая очистка

БХУ – биохимическая установка

ВК – выдача кокса

ВУХИН – Восточный научно-исследовательский углехимический институт

ГДЛС – газование дверей, люков, стояков

ДТОС – дымовые трубы отопительных систем

ЗК – загрузка кокса

ЗСМК – Западно-Сибирский металлургический комбинат

ИКФ – инден-кумароновая фракция

КГ – клапан гидравлический

КС – коксортировка

КХП – коксохимическое производство

КЦ – коксовый цех

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость

МТК – мокрое тушение кокса

НкМК – Новокузнецкий металлургический комбинат

ОДС – отделение дистилляции смолы

ОКНФ – отделение кристаллизации нафталиновой фракции

ПАУ – полициклические ароматические углеводороды

ПГВВ – парогазовоздушные выбросы

ПКГ – прямой коксовый газ

СПЦ – смолоперерабатывающий цех

УБВК – установка беспылевой выдачи кокса

УВТП – установка высокотемпературного пека

УОЦ – углеобогащательный цех

УПЦ – углеподготовительный цех

УПЭП – установка получения электродного кокса

УСТК – установка сухого тушения кокса

УУХО – установка утилизации химических отходов

ХПК – химическое потребление кислорода

ЦХУ – цех химического улавливания

ПРЕДИСЛОВИЕ

В мире из-за роста численности населения Земли, продолжающегося внедрения человека в природные комплексы, расширяющегося промышленного и жилого строительства, увеличения объёма и разнообразия промышленного производства возрастает химическое и физическое загрязнение биосферы. Это ведёт к стремительному изменению условий обитания всего живого на Земле и, соответственно, к дестабилизации иммунной и генной системы растений, животных, человека, катастрофическому возрастанию скорости исчезновения видов растений и животных и скорости распространения различных патологий (в том числе врождённых) в человеческой популяции. Мнение большинства исследователей сводится к тому, что если не изменить сложившиеся в XVIII–XX веках стереотипы хозяйственно-экономической деятельности общества, то человечеству не избежать иммунно-генетической и, в целом, биосферной катастрофы. Всего за несколько десятилетий в обиход было введено до 300–400 тыс. искусственных химических соединений, т. е. число их превысило видовое разнообразие растительного мира. Уровень загрязнений окружающей среды возрос в разных районах на 200–2000% и в основном в связи с химизацией технологий производства.

В связи с вступлением во Всемирную торговую организацию (ВТО), где контроль окружающей среды осуществляется согласно стандартам ISO 14000 с использованием экологического менеджмента, техносферная безопасность определяется рисками, в связи с чем появляется необходимость в их расчёте. Риск – это мера опасности. Риски классифицируются на: индивидуальный, технический, экологический, социальный, экономический и др. Экологический риск выражает вероятность экологического бедствия, катастрофы, нарушения дальнейшего нормального функционирования, существования экологических систем и объектов в результате антропогенного вмешательства в природную среду или стихийного бедствия. Источниками экологического риска, наряду с вышеприведёнными причинами, также могут быть техногенные воздействия – загрязнение отходами производства водоёмов, почвы и атмосферного воздуха.

Зная качественные и количественные пороговые значения, допустимые пределы экологического риска, человек получит возможность управлять средой своего обитания, не допускать её кризисного состояния, при котором достигаются пороговые значения, а тем более разрушение, когда она уже не пригодна для жизни.

Коксохимическое производство отличается высокой степенью давления на окружающую среду. Максимальный экологический эффект могут дать глобальные мероприятия по техническому и технологическому перевооружению коксохимического производства, но на данном этапе его развития существенные изменения технологии и регламентного режима действующих коксовых батарей невозможны.

Такие мероприятия в рамках традиционной технологии производства кокса и переработки химических продуктов коксования хорошо известны, это использование:

- эффективных аспирационных систем на трактах подачи и обработки угля и кокса;
- эффективных средств герметизации дверей, люков и стояков печных камер;
- технологии отопления батарей с пониженным давлением в газосборниках и частичной рециркуляцией продуктов сгорания;
- экологически и экономически эффективных установок беспылевой выдачи кокса;
- установок локализации и очистки выбросов при снятии и очистке дверей печных камер;
- новых технологий ступенчатого охлаждения кокса;
- технологии термического уничтожения аммиака круговым фосфатным методом;
- конечного охлаждения коксового газа в закрытой теплообменной аппаратуре;
- коллекторных систем сбора и транспортирования выбросов из воздушников емкостной химической аппаратуры;
- трёхступенчатой биохимической очистки сточных вод;
- очищенных сточных вод в оборотных циклах производства.

Реализация мероприятий требует достаточно крупных инвестиций. В этих условиях весьма важным фактором становится определение приоритетов в выборе наиболее важных и эффективных мероприятий для данных конкретных условий.

Расчёт экологического риска производственной деятельности коксохимических предприятий позволяет определить приоритеты в выборе наиболее важных и малозатратных мероприятий охраны окружающей среды. Предлагаемая монография посвящена: критическому анализу экологических проблем коксохимического производства; ознакомлению читателей с экологическим риском, методике количественного расчёта экологического риска от каждого источника выбросов в атмосферу; методу расчётного мониторинга выбросов в атмосферу от каждого источника ёмкостного оборудования по наиболее значимым компонентам содержащегося продукта. Научно обоснована система и средства комплексной защиты работников от воздействия выбросов в атмосферу с помощью коллекторных систем; представлен ряд технологических способов и средств защиты производственной среды от газообразных выбросов в атмосферу коксохимического производства.

Авторы приносят глубокую благодарность сотрудникам Восточного научно-исследовательского углехимического института (ВУХИН) Н. Н. Алексеевой, Л. А. Самигулиной, Е. Н. Андрейкову, А. Г. Цаур; рецензентам докт. хим. наук Ю. Ф. Патракову, докт. хим. наук С. И. Жеребцову.

ВВЕДЕНИЕ

Экологическая обстановка коксохимических предприятий России неблагоприятна. Удельные выбросы в атмосферу составляют 8 кг/т кокса с колебаниями по отдельным предприятиям от 3 до 15 кг/т. Это связано с характерными особенностями газообразных выбросов коксохимии: запылённостью; значительными объёмами отходящих газов; многочисленностью источников; низкой концентрацией загрязняющих веществ и многообразием их состава; наличием полициклических ароматических углеводородов, в том числе канцерогенных веществ; а также серо- и азотосодержащих соединений. Коксохимические производства имеют 410–450 источников выбросов в атмосферу, в том числе 270–290 приходится на цеха улавливания и переработки химических продуктов коксования (в основном это выбросы ёмкостного оборудования). Выбросы не полностью отражаются в отчётной форме ПДВ (2 ТП-воздух) ни по составу, ни по количеству. Отчётность КХП осуществляется в основном по минимальным удельным выбросам $\sim 3\text{--}4$ кг/т кокса. Воздушники КХП имеют небольшую высоту (6–30 м), выбросы составляют максимальную приземную концентрацию в районе производства и на рабочих местах. ПДВ для предприятий составляются самими предприятиями-производителями выбросов и отходов, что весьма не объективно. Коксохимические производства России отстали по охране природы от зарубежных фирм на 30–40 лет, и нет реальной возможности быстро преодолеть этот разрыв. Нужны значительные капиталовложения для интенсификации природоохранной деятельности, но у государства нет рычагов заставить частных предпринимателей вкладывать средства в охрану природы. Решить эту проблему можно разработкой ПДВ с учётом экологического риска. Изучение экологического риска, связей и закономерностей обеспечения безопасных условий труда, сохранение жизни и здоровья работников в процессе производственной деятельности, снижение давления на окружающую среду за счёт уменьшения выбросов в атмосферу коксохимического производства является актуальной задачей.

Необходимость проведения расчётов заключается в том, что жилые массивы металлургических центров превратились в зону экологического бедствия. Так, например, средняя продолжительность жизни в городе Новокузнецке составляет 57 лет, тогда как для мужчин – 52, а для женщин – 62 года.

В коксохимической отрасли России ещё в доперестроечный период разработаны природоохранные технологии, средства, способы снижения и предотвращения выбросов в атмосферу, водоёмы и отвалы. К сожалению, решён вопрос только с утилизацией твёрдых и жидких отходов.

Введение в анализ техносферной безопасности экологического риска позволит:

- оценить экологические риски от каждого источника, каждого компонента выбросов в атмосферу коксохимического производства;
- определить расчётным путем состав и количество парогазовоздушных выбросов в атмосферу от каждого воздушника химических цехов;

- разработать алгоритм расчёта оценки количества и состава парогазовоздушных выбросов в атмосферу ёмкостного оборудования;
- разработать малозатратные технические решения по способам и средствам коллективной защиты работников от воздействия вредных и опасных факторов.

В монографии:

- впервые демонстрируется, как исследовать экологический риск от производственной деятельности коксохимического производства;
- показано, как на основании экологического риска проводить комплексную оценку вредных производственных экологических факторов химических цехов коксохимического производства;
- даётся обоснование системы и метода расчётного мониторинга выбросов в атмосферу от каждого источника ёмкостного оборудования по наиболее значимым компонентам содержащегося продукта;
- приводится система и средства комплексной защиты работников от воздействия выбросов в атмосферу коксохимического производства;
- исследуется человеческий фактор посредством экологического риска в системе «человек – техническая система – коксохимическое производство» с целью повышения безопасности труда.

Для проведения таких исследований имеются реальные возможности. В медицине разработаны методики расчёта количественной оценки как канцерогенного, так и неканцерогенного экологического риска; есть данные инвентаризации выбросов от всех источников коксохимического производства; разработана и утверждена масса достоверных методик анализа полициклических ароматических углеводородов, в том числе бенз[а]пирена и других специфических соединений, характерных для выбросов коксохимического производства.

Таким образом, в монографии показывается влияние экологического риска от производственной деятельности коксохимических предприятий и приводятся малозатратные технические решения по их снижению.

1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КОКСОХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

1.1. Загрязнение атмосферы выбросами коксохимического производства

Экологическая обстановка коксохимических предприятий России неблагоприятна. Удельные выбросы составляют примерно 8 кг/т кокса с колебаниями по отдельным предприятиям от 3 до 15 кг/т, основные компоненты выбросов, %: пыль – 17, сернистый ангидрид – 10,6, оксид углерода – 55,1, оксиды азота – 4,4, сероводород и фенол – по 1,0, цианистый водород – 1,4, аммиак – 2,13, нафталин – 0,2, бенз[а]пирен – 0,0009 [1]. Основные источники выбросов – операции по загрузке и выдаче коксовых печей, избыточные газы УСТК, аспирационные системы углеподготовок и коксосортировок, трубы коксовых батарей, рассеянные выбросы дверей, стояков, люков коксовых печей, тушильные башни, воздушники химических цехов, градирни цеха конечного охлаждения коксового газа [1–4].

Например, по отчётной форме ПДВ (2-ТП воздух) [5] удельные выбросы одного из коксохимических заводов с полным циклом цехов улавливания и переработки химических продуктов коксования составляли 4,2 кг/т кокса, что совершенно нереально и занижено, так как из 6 коксовых батарей только одна имеет установку беспылевой выдачи кокса, при этом даже и от этой установки экологический риск превышал приемлемый уровень [6]. На заводе нет закрытого цикла охлаждения коксового газа, нет электрофильтров для очистки коксового газа; не закрыты воздушные свечи хранилищ, ёмкостей и аппаратов, что определено правилами безопасности коксохимического производства (ПБ.11-219-98).

Согласно инвентаризации загрязнений атмосферного воздуха за 2011 г., имеется 110 номеров источников выбросов – 410 шт. На химические цеха приходится 272 источника (65%), в том числе 2 неорганизованных. В основном эти источники представляют собой выбросы воздушников ёмкостного оборудования хранения и переработки химических продуктов коксования. По отчётной форме ПДВ (2-ТП воздух) выбросы в атмосферу химических цехов представлены: NH_3 , H_2S , SO_2 , HCN , NO , NO_2 , CO , фенолом, нафталином, пиридином в смолоперерабатывающем цехе бенз[а]пиреном [5].

Известно, что состав парогазовых выбросов в атмосферу определяется составом и температурой жидкости, над которой собираются пары, и поэтому в выбросах ёмкостного оборудования КХП должны быть все компоненты продуктов хранения в ёмкостях. В химических продуктах высокотемпературного пиролиза каменного угля содержатся как моноциклические ароматические углеводороды (бензол, толуол, фенолы и т. д.), бициклические (нафталин, метилнафталины, инден, индол и т. д.), трициклические (антрацен, карбазол, фенантрен и их гомологи), так и полициклические сильнодействующие канцерогенные вещества (бенз[а]пирен, дибензо[а, h]антрацен). Все эти соединения должны быть в выбросах в атмосферу, но они даже не представлены в форме 2-ТП воздух и не нормируются как выбросы КХП. Коксохимическое производство –

одно из основных источников поступления ПАУ в окружающую среду [7–12]. Наиболее известным представителем ПАУ, обладающим сильным канцерогенным действием, является бенз[а]пирен. Считается, что в глобальной эмиссии этого углеводорода более 20% приходится на производство кокса. Однако доля БП составляет незначительную часть от суммы ПАУ, среди которых многие также обладают канцерогенными и мутагенными свойствами. Из большого числа токсичных соединений Агентством по охране окружающей среды США выделены 16 приоритетных ПАУ: нафталин, аценафтилен, аценафтен, флуорен, фенантрен, антрацен, флуорантен, пирен, бенз[а]антрацен, хризен, бенз[б]флуорантен, бенз[г]флуорантен, бенз[а]пирен, бенз[г, h, i]перилен, дибенз[а, h]антрацен, индено[1,2,3-*cd*]пирен [13–15]. Все эти ПАУ присутствуют в продуктах пиролиза угля: коксе, смоле, отходящих газах. Содержание ПАУ, БП в продуктах коксования, твердых и жидких отходах, в газообразных выбросах коксохимического производства в атмосферу широко изучено и продолжает изучаться [7–12].

Исходя из незначительной высоты источников выбросов, все эти компоненты загрязняющих веществ находятся в производственной среде КХП. Для достижения ПДВ удельные выбросы должны быть снижены до 2 кг/т кокса (для сравнения – на новых предприятиях в Германии удельные выбросы не превышают 1 кг/т кокса) [1].

В зарубежной и отечественной практике накоплен значительный опыт применения эффективных технических решений по снижению вредных выбросов.

По системе обогрева: нижний подвод газа; ступенчатый подвод воздуха; рециркуляция продуктов горения (25–40%); уменьшение толщины греющих стен до 90–70 мм; повышение коэффициента теплопроводности огнеупоров до 2 Вт/м·К; повышение степени очистки коксового газа на обогрев.

По системе газосборника: применение одного корытообразного газосборника со встроенными 2–3 позиционными клапанами; пневмоуплотнение крышек стояков; комбинированное уплотнение раструбов стояков; применение гидроинжекции, обеспечивающей разрежение не менее 200 Па под телескопом углезагрузочной машины.

Уплотнение дверей: применение гибкой системы типа «Флексит», обеспечивающей хорошее прилегание ножа уплотняющей рамки к зеркалу армирующей рамы; использование блочной футеровки без кирпичедержателя.

Технологические операции: загрузка печей производится в полуавтоматическом или автоматическом режиме, обеспечивающем бездымность на уровне 98–100%.

Беспылевая выдача кокса с эффективностью аспирации 98–100% обеспечивается: равномерной готовностью кокса (950–1050°C); применением двересьёмных машин портального типа; приёмом кокса тушильным вагоном с одной установки; применением стационарной коллекторной системы отсоса; применением системы отсоса газов выдачи от дверей с машинной стороны; применением механизмов уборки «концов» с машинной стороны.

Сухое тушение кокса с утилизацией и обезвреживанием избыточных газов. Мокрое тушение с подачей 2/3 воды через каналы в дне тушильного вагона, подобно применяемым на заводах Германии [15].

Эффективность перечисленных мероприятий подтверждается исследованиями германских специалистов. В 1950 г. среднее удельное количество выбросов на коксохимических предприятиях Германии составляло примерно 8,5 кг/т кокса [16]. В 1983 г., после осуществления наиболее крупных мероприятий (бездымная загрузка печей, беспылевая выдача кокса и др.), выбросы были снижены до 3 кг/т. В 1986 г., после осуществления мер, главным образом, по герметизации оборудования (двери, крышки загрузочных люков, стояки, планирные лючки и др.) и снижения температуры обогрева выбросы достигли 1 кг/т и уже длительное время поддерживаются на этом уровне. Ниже, в качестве примера, приводятся показатели уменьшения выбросов пыли, %, при эксплуатации систем (в скобках – масса образующейся пыли, кг/т кокса) [15, 16]:

– загрузка шихты в печь	99	(0,15);
– выдача кокса	99	(0,4);
– тушение кокса	86	(0,35);
– обработка кокса	99	(1,5).

Выбросы таких соединений, как SO_2 , NO_x , CO и ПАУ, также значительно уменьшены в сравнении с периодом, когда эти мероприятия не были внедрены. Снижение выбросов из рассеянных источников составило, %: загрузочные лючки 99 (заливка люков после загрузки); стояки 99 (устройство гидрозатворов); двери печных камер 93 (двери типа «Флексит») [1].

К этому следует добавить, что само по себе направление на внедрение большезагрузных ширококамерных батарей является кардинальным экологически эффективным решением, так как при этом снижается количество циклов загрузка-выдача и существенно уменьшается удельная поверхность источников рассеянных выбросов. Вопросы повышения экологической безопасности коксовых цехов разработаны и широко внедряются за рубежом и с переходом на большегрузные батареи будут решены, что нельзя сказать о химических цехах КХП улавливания и переработки химических продуктов коксования. Для повышения экологической безопасности коксохимических предприятий целесообразно вести работу в двух направлениях: повышение единичной мощности коксовых агрегатов с увеличением ширины и высоты печных камер; применение эффективных технических и технологических средств для уменьшения организованных и неорганизованных выбросов по всему производству.

Источники выбросов классифицируются следующим образом: организованные технологические выбросы (дымовые трубы, воздушники технологического оборудования, свечи установок сухого тушения кокса); организованные вентиляционные с естественной (дефлекторы, фонари, вентиляционные трубы) и принудительной вентиляцией (аспирационные и вентиляционные системы); неорганизованные выбросы (вагоноопрокидыватель, загрузка коксовых батарей, выдача кокса, башня тушения, коксовая рампа, градирни воды цикла конечного охлаждения, биохимическая установка, двери, стояки и люки коксовых батарей).

Для углекоксовых цехов характерно наличие угольной и коксовой пыли. В составе газообразных выбросов цехов коксования, улавливания и переработки химических продуктов коксования преобладающими являются ароматические углеводороды, в том числе канцерогенные.

В коксохимическом производстве процессы осуществляются при относительно низких температурах (900–1100°C) и без доступа воздуха. С одной тонны сухой шихты расчётный выход БП в среднем составлял 267,4 г или 312 г на тонну кокса, в том числе 311,8 г/т конденсируется БП в смоле, 0,0799 г/т конденсируется на коксе и 0,1666 г/т кокса уходит в прямой коксовый газ. Со смолой конденсируется 99,92% БП [17–22]. Определённое количество вредных веществ, в том числе БП, поступает в атмосферу с топочными газами через дымовые трубы систем обогрева коксовых печей, при загрузке угольной шихты и тушении кокса. Часть вредных веществ поступает из неорганизованных источников – газование дверей, люков, стояков коксовых батарей.

Прямой коксовый газ, пройдя полный цикл цехов улавливания, очищается от БП. Степень очистки коксового газа в цехах улавливания составляет в среднем 68% [17, 19, 21]. БП конденсируется в цехах улавливания в товарных и промежуточных продуктах, которые передаются на переработку в смолу (сольвент-нафта) или шихту (кислая смолка, полимеры). Выбросы в атмосферу БП цехами улавливания продуктов коксования связаны только с воздушниками технологического оборудования и градирней конечного охлаждения коксового газа. Для Алтайского коксохимического завода, где нет разомкнутого цикла, т. е. нет градирен конечного охлаждения коксового газа, а внедрен замкнутый цикл, выбросы БП в цехах улавливания составляли 2,13 кг/год, в выбросах аппаратов цехов улавливания химических продуктов коксования содержание БП не превышало 1–2 мкг/м³ [21]. Содержание БП в газовойделениях от каменноугольной смолы составляло 5,48 мкг/м³, для лёгких фракций – 0,23 мкг/м³, антраценовых фракций – 2,73–2,98 мкг/м³, пека – 80,55 мкг/м³, дорожного дегтя – 245,4 мкг/м³. Обследованы линии сброса газов от конденсаторов-холодильников и сепараторов I и II ступени. Выбросы БП составляли в среднем 3,7 мкг/м³ [8, 10, 17, 24].

При работе в течение 15 лет на коксохимическом производстве обслуживающий персонал получает экспозиционную нагрузку БП 5940 мкг, которая в 2,3 раза превышает дозу, рассматриваемую в качестве минимально эффективной по эпидемиологическому показателю [23–25]. Более 60% трудоспособного населения занято в условиях повышенного профессионального риска.

Смертность трудоспособного населения по сравнению с Евросоюзом превышена в 4,5 раза [26, 27]. Исследователями отмечалось падение рождаемости и увеличение смертности населения. Анализ причин смертности населения России показывает, что более половины потерь связано с болезнями системы кровообращения; также в ряду причин находятся отравления, заболевания органов дыхания, врождённые пороки развития и новообразования [28]. В России 56% городского населения России проживает в городах с высоким и очень высоким

уровнем загрязнения атмосферы; в этих городах общая численность населения составляет 59,8 млн человек [29].

Предотвращение или уменьшение загрязнения окружающей среды достигается различными способами: технологическими приёмами ведения процессов, внедрением различных приёмов очистки – абсорбционных, адсорбционных методов, термическим или каталитическим окислением.

Разработаны способы, позволяющие резко сократить или ликвидировать большинство из этих выбросов: бездымная загрузка коксовых печей; беспылевая выдача кокса; тушение кокса чистой (не содержащей фенолов) водой на существующих батареях и сухое тушение кокса на новых; уничтожение отработанного воздуха пековых реакторов путем сжигания углеводородов (после промывки водой) в подсводовом пространстве пекококсовых печей; сухое тушение пекового кокса; отвод газов от свечей пекококсового производства в технический газопровод или их каталитическое обезвреживание. Однако внедрение природоохранных мероприятий в России осуществляется слабо.

Наиболее простой и доступный способ обезвреживания выбросов коксохимического производства – это подача их в линию коксового газа и дальнейшее сжигание в нагревательных колодцах коксовой печи или котле электростанции. Однако удалить канцерогенные вещества, в частности бенз[а]пирен, термическим окислением при температурах 600–1200°C не удаётся. Наличие бенз[а]пирена отмечается в продуктах сгорания даже природного газа. Установлено, что для уничтожения бенз[а]пирена необходима температура порядка 1500–1700°C, что требует дополнительного расхода топлива и специальных топочных устройств [9, 10].

В настоящее время в промышленности используются 2 основных атмосфероохранных мероприятия сбора парогазовоздушных выбросов: с помощью локальных устройств для каждого источника выбросов; с помощью коллекторных систем (КС). К локальным устройствам относятся гидрозатворы, которые обеспечивают поглощение выбросов слоем адсорбента или конденсацию паров. Однако в случае колебания уровней в процессе или при заполнении ёмкостей жидкостью газовоздушная смесь проходит через эти устройства практически без очистки от вредных компонентов. Локальные устройства более пригодны для одиночных аппаратов, а для технологических процессов, использующих большое число основных и вспомогательных аппаратов, эффективней и дешевле применять коллекторные системы [30, 31]. Поскольку конечной целью является утилизация вредных веществ (или очистка воздуха до заданных параметров), то коллекторная система должна быть совмещена с узлом обезвреживания вредных веществ. Обезвреживание можно проводить разными путями, приводящими к заданной степени очистки воздуха (термическими, каталитическими, адсорбционными, абсорбционными и другими методами). По опыту работы коксохимических производств, ведущих переработку каменноугольной смолы, если вблизи нет цехов химулавливания, то для обезвреживания воздушных выбросов используют термический метод. Реальная степень очистки воздуха от вредных примесей термическим сжиганием составляет 80–90%, одновременно

с дымовыми газами образуется дополнительное количество выбросов оксидов азота, серы и сажи.

Примером такого обезвреживания являются заводы фирм «Рютгерсверке» в г. Дуйсбург-Мейдериш (Duisburg-Meiderich) и г. Кастроп-Рауксель (Castrop-Rauxel), Германия; «Копперс – Дания» (Koppers Denmark) в г. Нюборг (Nyborg), Дания; DEZA в г. Валашске-Мезиржичи (Valašské Meziříčí), Чехия [32].

При применении каталитического дожигания можно увеличить степень очистки воздуха от вредных веществ до 95–99%. Однако этот метод требует более сложной аппаратуры и больших капиталовложений [33, 34]. Таким образом, наименее затратным, наименее трудоемким в эксплуатации и эффективным решением с точки зрения снижения вредных выбросов на рабочих местах является сбор выбросов со всех воздушников в КС и подача их в трубопровод прямого коксового газа, где при дальнейшей очистке газа в цехах улавливания утилизируются и выбросы с воздушников. Предлагается рецикл выбросов в атмосферу ёмкостного оборудования КХП.

Коллекторная система может работать под разрежением или под избыточным давлением. Системы, работающие под разрежением, достаточно просты в устройстве и широко применяются на практике. В то же время системы, работающие под разрежением, имеют недостатки, ограничивающие их применение: при подключении к системе ёмкостей с плоскими днищами или крышками (так называемых «под налив») возникает опасность повреждения ёмкостей при откачке продуктов. Фактором, ограничивающим применение разрежения, является некоторое увеличение выделения из жидкостей легко испаряющихся веществ. При условии чёткого регулирования диапазона разрежения в интервале 0–500 Па и отсутствии инертного газа на предприятии система, работающая под разрежением, предпочтительна и используется на зарубежных смолоперерабатывающих предприятиях. Примером стабильной работы коллекторной системы является смолоперерабатывающий завод Дуйсбург-Майдерише АО Рютгерсверке [32], перерабатывающий около 500 тыс. т/год каменноугольной смолы, где особое внимание уделяется исключению выбросов вредных веществ в атмосферу. Все ёмкости со смолой, фракциями, пеком герметично закрыты. На ёмкостях установлены дыхательные клапаны, соединённые системой трубопроводов. Газы (воздух), вытесняемые из ёмкостей при изменении уровня в них, отсасываются через системы трубопроводов эжекторным вакуум-насосом, расположенным перед вводом газов в печь дожига.

На смолоперерабатывающем заводе в г. Кастроп-Раукселе (АО «Рютгерсверке») перерабатывается до 650 тыс. т/год сырья. Все ёмкости, воздушники конденсаторов, сепараторов объединены в коллекторную систему сбора отходящих газов. В отличие от завода в Дуйсбург-Майдерише, на заводе г. Кастроп-Рауксель нет специальной печи дожига отходящих газов. Парогазовая смесь передаётся в топку котлов технологического пара [32].

Получили распространение коллекторные системы, работающие под избыточным давлением, создаваемым внешним агентом (газом). В коллекторных системах, работающих под избыточным давлением, эмиссия летучих компо-

нентов уменьшается, увеличивается допустимый диапазон регулирования давления при подключении ёмкостей «под налив» в 2–2,5 раза, упрощается регулировка давления при заполнении и опорожнении ёмкостей. Но применение таких систем требует герметичности оборудования, подвода и регулирования расхода газа, создающего избыточное давление. Газ должен быть инертным по отношению к перерабатываемым продуктам и должен выполнять функции носителя, т. е. подаваться в таком количестве, чтобы обеспечить вынос всех компонентов в паровой фазе (например, на коксохимическом заводе в Финляндии в коллекторную систему подается в качестве газа азот) [32].

В качестве примера решения проблемы ликвидации токсичных выбросов в атмосферу может быть рассмотрен опыт проектирования системы сбора и утилизации паров стирола на установке по производству оксида пропилена и стирола в штате Техас (США) [35]. Здесь в качестве разбавителя применён воздух как безопасный и самый дешёвый разбавитель. Концентрация паров стирола в воздухе гораздо меньше нижнего предела взрываемости. Система работает под небольшим разрежением, создаваемым воздуходувкой. Смесь паров стирола с воздухом подаётся в камеру сгорания котельного агрегата.

Более надёжным нужно признать транспортирование паров стирола воздухом под небольшим разрежением, причём расход воздух должен поддерживаться таким, чтобы концентрация паров в нем была ниже нижнего предела взрываемости компонентов [36–38].

При наличии на предприятии цеха химулавливания наиболее простым и эффективным решением является сбор выбросов ёмкостного оборудования химических цехов КС и их передача в прямой коксовый газ. Это позволяет избежать безвозвратных потерь в атмосферу компонентов товарной продукции (нафталина, бензола, толуола, фенола и др.), также практически полностью утилизировать парогазовые выбросы (ПГВ) технологического оборудования. Метод сбора парогазовоздушных выбросов в коллекторную систему является наиболее эффективным, отвечающим современным требованиям экологии. Однако опыт эксплуатации коллекторных систем показал, что для их стабильной и безаварийной работы необходимо использовать трубопроводы из легированной стали марки 12X18H10T с возможностью поддержания различного давления в каждой группе аппаратов и ёмкостей и определённого температурного режима, исключающего образование отложений нафталина [37].

Установка дыхательных клапанов является более простым и малозатратным техническим решением по сравнению с коллекторными системами сбора и очистки выбросов, не требует дополнительных трудозатрат в процессе эксплуатации и позволяет: обеспечить безопасный гидравлический режим в ёмкостях; предотвратить выбросы в атмосферу; снизить плату за выбросы; улучшить состояние воздушной среды на рабочих местах; продлить сроки службы ёмкостей [29, 39–43].

Таким образом, охрана атмосферного воздуха в коксохимическом производстве является актуальной задачей.

1.2. Загрязнение техносферы твёрдыми и жидкими отходами коксохимического производства

В настоящее время в коксохимическом производстве на 1 т производимого кокса образуется около 20 кг твердых и жидких отходов 25 наименований. Собственные побочные продукты коксования, утратившие свои потребительские свойства, в какой-то период времени также рассматриваются как отходы. Все отходы по агрегатному состоянию разделяются на четыре типа:

- твердые отходы – порода, угольные шламы наружных отстойников цеха углеподготовки, коксовый шлам мокрого тушения кокса (МТК), коксовая пыль установки беспылевой выдачи кокса (УБВК), коксовая пыль с установок сухого тушения кокса (УСТК), осадки от производства, хранения и транспортирования жидкого пека кокса, осадки из аммиачных колонн;
- вязко-текучие отходы – фусы из механизированных отстойников осветлителей, фусы дешламации каменноугольной смолы (КУС), осадки хранилищ отстойников КУС, кубовые остатки ректификации бензола, сольвент-нафта, отлёки прессования нафталина, пековые дистилляты;
- жидкие отходы – кислые смолки производства сульфата аммония и ректификации сырого бензола, полимеры регенерации поглотительного масла, отстойные масла отделения получения и ректификации бензола (ОПиРБ), щелочные стоки (ОП и РБ);
- сточные воды – сточные воды флотации, избыточная аммиачная вода, фенольные воды всех цехов, сепараторные воды.

Характеристики отходов КХП представлены в табл. 1.1, 1.2.

Пиролиз является способом переработки углеродсодержащих отходов, где решается задача ресурсосбережения: процесс не требует расхода кислорода, позволяет использовать энергохимический потенциал отходов. Коксохимическая промышленность имеет возможность осуществить более рациональный и более экологически безопасный способ переработки всех углеродсодержащих отходов, промышленных и бытовых, в смеси с углем или индивидуально. Современная технология коксования может обеспечить полное отсутствие газопылевых выбросов в атмосферу, отвод, улавливание и переработку летучих продуктов коксования, предотвратить прямое сжигание отходов. Токсичные твердые вещества, имеющиеся в перерабатываемом материале, связываются в коксе. Далее в доменных печах эти вещества полностью обезвреживаются.

Таким образом, состояние окружающей среды, ограниченность энергетических и материальных ресурсов, требования международной «Концепции устойчивого развития» вынуждают исследователей и производителей искать пути комплексного, квалифицированного использования энергии, сырья и материалов. Исследование возможности использования техногенных углеродсодержащих отходов в шихте на коксование для решения задачи их утилизации и совершенствования основного производства является актуальной задачей.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru