

УДК 622.647.1+504.4.054

к.т.н. Зотов В. А.,
Ноженко А. А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЫЛИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АДАПТИВНОЙ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СУШКИ УГОЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТА

Приведено обоснование способности эргатических систем сушки угольного концентрата к адаптации. Предложена структура системы адаптации, позволяющая снизить выбросы угольной пыли в атмосферу при неблагоприятных метеорологических условиях.

Ключевые слова: адаптивное управление, сушка угольного концентрата, эргатическая система, угольная пыль, рассеивание выбросов, неблагоприятные метеорологические условия.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. В условиях интенсификации горного производства возрастает роль обогатительных фабрик для получения угольного концентрата надлежащего качества. Современная обогатительная фабрика — многосвязная система, функционирующая в условиях непрерывного взаимодействия с окружающей средой и состоящая из упорядоченной управляемой совокупности производственных процессов. Каждый из этих процессов может рассматриваться отдельно как с технологической точки зрения, так и с точки зрения влияния на окружающую среду. Среди этих процессов существенно выделяется сушка мелких фракций продуктов обогащения углей как ответственный и сложно управляемый процесс, приводящий к значительному загрязнению окружающей среды.

В процессе термической сушки угольного концентрата образуется пыль непосредственно из высушенного угля (до 97 % от общего выброса) и пыль, диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, выделяемые при сжигании угля в топках сушильных агрегатов. Удельный выброс пыли от сушильных установок колеблется в пределах от 7,3 до 50 кг/т просушиваемого угля и в среднем составляет 30,2 кг/т. Для современных обогатительных фабрик выбросы в атмосферу от сушильных установок могут достигать сотен тонн в год [1]. В атмо-

сферном воздухе угольная пыль снижает прозрачность и видимость, уровень ультрафиолетового излучения, негативно воздействует на флору и фауну, засоряет воду и почву, способствует механическому износу и разрушению металлоконструкций, зданий и транспортных средств. Повышенные концентрации пыли в приземном слое атмосферы являются причиной возникновения заболеваний дыхательной системы человека [2]. Особенно высокие уровни запылённости воздуха могут наблюдаться при неблагоприятных метеорологических условиях, когда процесс рассеивания выбросов в атмосфере затруднён.

В настоящее время на обогатительных фабриках применяются в основном две разновидности сушильных установок: барабанные и трубы-сушилки. Несмотря на существенное различие в принципах работы и динамических свойствах этих объектов, автоматическое управление ими строится по одинаковым базовым алгоритмам. В области оперативного регулирования процесса сушки с целью стабилизации выходных параметров имеются научные и практические разработки. Однако взаимодействие этих объектов с окружающей средой не учитывалось, хотя и отмечалась важность этого при построении управляющих систем.

В работе [3] предложен и исследован адаптивный алгоритм управления бара-

банными сушильными установками. Он обеспечивает быстрое обучение системы управления, позволяя одновременно решать несколько задач: повышение качества конечного продукта, экономичность и безопасность работы установки, уменьшение выбросов в окружающую среду.

В работе [4] рассмотренный принцип доработан и распространён на другие объекты с аналогичными динамическими характеристиками, в том числе на трубы-сушилки и другие объекты углеобогащения. При этом управление сложными многофакторными объектами осуществляется только техническими устройствами, взаимодействие системы с человеком-оператором не рассматривается. Последнего, как показывает опыт, исключить из состава системы не удаётся по условиям безопасности.

Следовательно, автоматизированные или управляемые человеком в ручном режиме системы, благодаря включению в них в качестве одного из элементов человека, можно рассматривать как эргатические системы. Автоматические системы, работающие без участия человека, также можно отнести к эргатическим на том основании, что все их действия совершаются по мерам и согласно целям, заданным человеком.

Постановка задачи. Целью настоящей работы являются: 1) расширение адаптационных возможностей эргатических систем управления процессом сушки угольного концентрата с учётом негативного воздействия выбросов пыли от сушильных установок на окружающую среду; 2) построение структурной схемы адаптации систем управления процессом сушки.

Изложение материала и его результаты. Угольная пыль, отводимая в процессе сушки обогащённого угля от мест выделения, выбрасывается в атмосферу через организованные источники — дымовые трубы. Их высота составляет чаще всего от 30 до 60 м, то есть они относятся к источникам средней высоты (10–50 м) или даже высоким (более 50 м). Температура отхо-

дящих газов, выбрасываемых в атмосферу, значительно превышает температуру окружающей среды, то есть они являются горячими [1]. Таким образом, источники выбросов пыли в атмосферу от сушильных отделений обогатительных фабрик относятся к типу средней высоты либо высоких с горячими выбросами.

Для таких источников аномально неблагоприятными для рассеивания выбросов являются следующие метеорологические условия: неустойчивая термическая стратификация атмосферы, приподнятая инверсия при её высоте над источником выброса 100–200 м; скорость ветра на уровне флюгера от 3 до 7 м/с и на уровне выброса — 7–12 м/с, наличие тумана в сочетании со скоростью ветра больше 2 м/с.; высота слоя перемешивания меньше 500 м, но больше эффективной высоты источника. При переносе выбросов в районы плотной застройки или в условиях сложного рельефа концентрации пыли могут повышаться в несколько раз [5].

В соответствии с РД 52.04.52-85 «Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях» для снижения выбросов в атмосферу в первую очередь должны применяться мероприятия организационно-технического характера, которые можно быстро осуществить, не требующие значительных затрат и не приводящие к снижению производительности технологических агрегатов. Одним из вариантов таких мероприятий является усиление контроля за работой контрольно-измерительных приборов и автоматических систем управления технологическим процессом.

Для эффективного функционирования системы автоматического управления процессом сушки угольного концентрата она, с одной стороны, должна иметь каналы информационного обмена с системами экологического мониторинга локального и импактного уровней, которые имеют возможность оперативного прогнозирования неблагоприятных для рассеивания выбросов в атмосферу метеорологических условий, а с

дргой — с системой производственного мониторинга стационарных источников выбросов в атмосферу углеобогащительной фабрики, которая обеспечивает контроль за массовыми выбросами вредных веществ на дымовых трубах, концентрациями вредных веществ в отходящих газах технологических установок и на территории предприятия.

Независимо от того, какая роль отводится человеку в эргатической системе процесса сушки угольного концентрата, смыслом любых её усовершенствований, технических и организационных решений является повышение эффективности, т. е. свойства системы обеспечивать целевую отдачу при её использовании в заданных условиях эксплуатации.

Как правило, ставятся цели обеспечения работоспособности системы, заданных показателей качества конечного продукта, снижения затрат ресурсов (топлива, электроэнергии, материалов, прилагаемых человеком усилий), повышения показателей надёжности, снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду и т. п. Также характерно согласование этих целей в случае их конкуренции [6].

Для прогнозирования эффективности эргатической системы вначале при её создании, затем перед вводом в эксплуатацию, а также для оценки эффективности в процессе эксплуатации применяются показатели, которыми могут служить эффекты, критерии (количественное представление эффективности, которая имеет качественное выражение). В качестве показателей эффективности процесса сушки угольного концентрата принимаются влажность конечного продукта, расход топлива и электроэнергии, производительность установки, выбросы в окружающую среду, показатели надёжности системы.

Главным показателем качества системы автоматического управления (САУ) является среднеквадратическая ошибка регулирования влажности конечного продукта, поскольку пересушивание угля приводит к увеличению выноса пыли с сушильными газами, что вызывает рост приземных уровней запылённо-

сти воздуха, особенно при неблагоприятных для рассеивания выбросов метеорологических условиях. Естественно, что эффекты функционирования системы, рассчитываемые на этапе проектирования для определённого диапазона условий, могут существенно отличаться от эффектов, достигаемых в конкретных условиях эксплуатации.

Возможность достижения приемлемых, а возможно, и лучших значений показателей эффективности эргатической системы процесса сушки может осуществляться благодаря оперативным и целенаправленным действиям человека, входящего в эту систему. Это отражается изменением целей эргатической системы, функций и структуры САУ контура регулирования влажности, задающих воздействий, настроек регуляторов и, как следствие, законов управления процессом сушки не только по влажности конечного продукта, но и по объёму выбросов в окружающую среду.

На эргатические системы процесса сушки может быть распространён принцип внутренней активности, являющийся одним из основных принципов организмической теории эргатических систем. Он отражает способность эргатических систем совершать целенаправленные изменения, не относящиеся к классу типа «стимул-реакция». При наличии специальных механизмов изменения структуры, функций и настроек системы обладают свободой выбора целей и стратегий поведения, адекватных внешним воздействиям. При этом выбор целей и способов их достижения осуществляется в зависимости от фактически сложившихся обстоятельств.

Достижение целей эргатической системы при взаимодействии с окружающей средой возможно при поддержании параметров системы на уровне, достаточном для самосохранения, а также при обеспечении постоянства в определённых пределах своих функциональных поведений. Эти свойства соответственно технологического и функционального гомеостаза можно считать необходимым условием для самоорганизации системы.

Функционирование системы должно отвечать эргоправилу «наименьшего взаимодействия». В соответствии с ним эргатические системы стремятся к достижению наибольшего эффекта с минимальными усилиями и затратами.

Таким образом, эргатические системы процесса сушки обладают способностями адаптации, включая способность осуществления процесса целенаправленного самозменения сообразно условиям эксплуата-

ции своих свойств и структуры, благодаря чему улучшаются показатели эффективности системы.

Целью адаптации является соответствие результатов функционирования системы, достижимых в конкретных условиях эксплуатации, планируемыми показателям, которые ставятся перед нею.

Структура системы адаптации, построенная по рассмотренным принципам, приведена на рисунке 1.

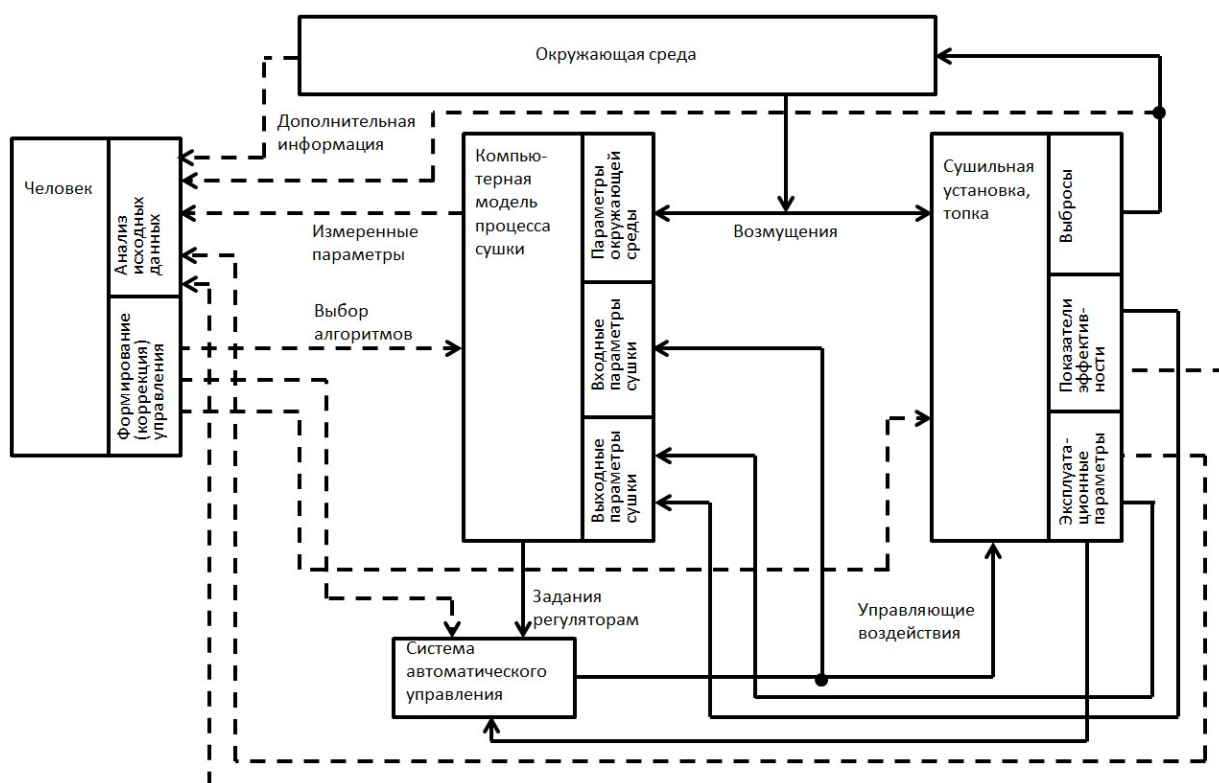


Рисунок 1 Блок-схема системы адаптации эргатических систем управления процессом сушки угольного концентрата

Главным элементом этой системы, определяющим возможности адаптации, является человек-оператор. В его функции входит анализ совокупности исходных данных о производственном процессе и формирование или коррекция управляющих воздействий. Человек имеет возможность на основе анализа исходных данных оперативно перенастраивать параметры системы и алгоритмы функционирования её элементов. Таким образом, человек яв-

ляется верхней ступенью в иерархии управления процессом сушки.

Центральным техническим звеном системы является компьютерная модель процесса. На основе входных параметров сушильной установки и сигналов обратной связи, используя выбранные человеком алгоритмы, она формирует задания техническим регуляторам САУ сушильной установки и топки. САУ, обрабатывая задания, воздействует на органы управления

сушильного агрегата и топки, а также контролирует в реальном времени эксплуатационные параметры, для которых сформулированы цели управления. САУ является нижней ступенью в иерархии управления процессом. В ней также могут использоваться адаптивные алгоритмы управления сугубо техническими параметрами сушильного агрегата, например [7].

Экономические и экологические цели управления отрабатывает компьютерная модель под управлением человека.

В такой системе адаптация к конкретным условиям возможна непосредственно в процессе эксплуатации. При этом в компьютерной модели следует предусмотреть возможность прогнозирования параметров процесса при определённых воздействиях на него. С учётом инерционности процесса сушки сравнительно быстро действующее компьютерное моделирование позволит оперативно рассчитывать и предлагать человеку несколько возможных вариантов построения управления. Человек может выбрать наиболее подходящий вариант, учитывая все параметры процесса, в том числе недоступные техническим средствам измерения.

При сложившейся структуре адаптации производится оптимизация регуляторов

САУ на основе информации компьютерной модели.

Таким образом, эргатическая система управления процессом сушки обеспечит рациональный баланс между техническими, экономическими и экологическими критериями.

Выводы и направление дальнейших исследований:

1. Адаптивные возможности систем управления процессом сушки угольного концентрата могут быть расширены и позволяют учитывать не только технические, а экономические и экологические критерии. Расширение возможностей адаптации системы достигается за счёт иерархической интеграции человека, компьютерного устройства и локальных регуляторов.

2. Разработанная структурная схема адаптации эргатических систем управления процессом сушки угольного концентрата позволяет оперативно изменять алгоритмы управления топкой и сушильной установкой для достижения целей управления, удовлетворяющих человека, например, для снижения выбросов угольной пыли в атмосферу при неблагоприятных метеорологических условиях для рассеивания выбросов.

Библиографический список

1. Бутовецкий, В. С. *Охрана природы при обогащении углей [Текст] : справочное пособие / В. С. Бутовецкий. — М. : Недра, 1991. — 231 с.*
2. Балацкий, О. Ф. *Экономика чистого воздуха [Текст] / О. Ф. Балацкий. — К. : Наукова думка, 1979. — 296 с.*
3. Ульшин, В. А. *Адаптивная система управления процессом сушки угольного концентрата [Текст] / В. А. Ульшин, В. А. Зотов // Кокс и химия. — 1994. — № 10. — С. 32–34.*
4. Ульшин, В. А. *Автоматическое управление промышленными объектами с большим запаздыванием [Текст] / В. А. Ульшин, В. А. Зотов // Автоматизация и современные технологии. — 1996. — № 12. — С. 2–12.*
5. Тарасов, В. В. *Мониторинг атмосферного воздуха [Текст] : учебное пособие / В. В. Тарасов, И. О. Тихонова, Н. Е. Кручинина. — М. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. — 128 с.*
6. Павлов, В. В. *Начала теории эргатических систем [Текст] / В. В. Павлов. — К. : Наукова думка, 1974. — 239 с.*
7. Зотов, В. А. *Управление процессами сжигания твёрдого топлива [Текст] / В. А. Зотов // Сборник научных трудов ДонГТУ. — Алчевск, 2008. — Вып. 24. — С. 66–73.*

© Зотов В. А.

© Ноженко А. А.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав. каф. ГЭМиО ДонГТУ Корнеевым С. В.,
к.м.н., и.о. гл. врача ГС «АГСЭС» МЗ ЛНР Капрановым С. В.*

Статья поступила в редакцию 12.03.18.

к.т.н. Зотов В. О., Ноженко О. О. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

**ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПИЛУ НА ДОВКІЛЛЯ ЗА РАХУНОК
ВИКОРИСТАННЯ АДАПТИВНОЇ ЕРГАТИЧНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
ПРОЦЕСОМ СУШІННЯ ВУГІЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТУ**

Наведено обґрунтування здатності ергатичних систем сушіння вугільного концентрату до адаптації. Запропоновано структуру системи адаптації, яка дозволяє знизити викиди вугільного пилу в атмосферу за несприятливих метеорологічних умов.

***Ключові слова:** адаптивне управління, сушіння вугільного концентрату, ергатична система, вугільний пил, розсіювання викидів, несприятливі метеорологічні умови.*

PhD Zotov V. A., Nozhenko A. A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

**DECREASING THE NEGATIVE DUST AFFECTS ON THE ENVIRONMENT BY USING
THE ADAPTIVE ERGATE CONTROL SYSTEM FOR THE COAL CONCENTRATE
DRYING**

The arguments are given on the ability of ergatic drying systems for coal concentrate to adapt. The structure of the adaptation system is proposed, which allows to reduce the emission of coal dust into the atmosphere under adverse weather conditions.

***Key words:** adaptive management, drying of coal concentrate, ergatic system, coal dust, dispersion of emissions, adverse weather conditions.*