

УДК 681.542.37

И.С. Кушнир (асп.)

Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова, г. Одесса,
кафедра компьютерно-интегрированных технологических процессов и производств
E-mail: rottgarson@mail.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ТОПЛИВА

В работе разработана структурная схема автоматизированной системы управления (АСУ) производством многокомпонентного топлива (МКТ). Предложена функциональная схема автоматизации установки по производству МКТ. Рассмотрен алгоритм работы АСУ производством МКТ, в основу которого положена нечеткая система принятия решений (СПР) и даны предложения по комплектации разработанной АСУ.

Ключевые слова: технологический процесс, многокомпонентное топливо, уголь, нечеткая система принятия решений, автоматизированная система управления, вязкость, стабильность.

Общая постановка проблемы

В настоящее время топливно-энергетический комплекс Украины ориентирован на использование импортных энергоносителей, среди которых основными являются природный газ и нефтепродукты. Такая ситуация сдерживает развитие отечественного рынка топливных ресурсов, среди которых безусловным лидером остается уголь [1] и различные модификации МКТ на его основе.

Сжигание угля традиционными методами уже не обеспечивает желаемого коэффициента полезного действия и дает слишком высокий уровень вредных выбросов в атмосферу по сравнению с другими энергоресурсами, что предопределяет необходимость поиска новых способов его использования. Применение угля как основной составляющей для создания многокомпонентного топлива дает возможность обеспечить более эффективное сжигание, снизить вредные выбросы в атмосферу и, тем самым, улучшать экологическую обстановку, а также уменьшить практически до нуля пожарную и взрывоопасность [2–5].

Постановка задач исследования

Анализ публикаций [2–6,11–13], посвященных изготовлению МКТ, показывает, что большинство установок по производству МКТ представляют собой разомкнутые системы с точки зрения теории управления и отсутствуют автоматические системы управления ими. Это приводит к несовершенству технических решений, малому уровню автоматизации и невозможности получения топлива заданного качества и ассортимента.

Целью исследования является разработка системы управления, которая позволит выполнить поддержание и контроль заданных значений параметров качества конечного продукта в условиях отсутствия полной информации о ходе технологического процесса, используя лишь грубые измерения и их косвенную оценку, а также позволит повысить эффективность процесса производства МКТ.

Решение задач и результаты исследований

В процессе производства МКТ, основными составляющими которого являются уголь, вода, реагент-пластификатор или другие компоненты, необходимо контролировать ряд важных технологических величин, а именно: вязкость, гранулометрический состав, способность сохранения физико-механических свойств (т.н. стабильность) [5–7,11]. Каждая из этих величин должна задаваться непосредственно как характеристика выходного

продукта. Однако, в процессе производства редко, а чаще всего вообще невозможно спрогнозировать качественно значения данных выходных величин из-за непостоянства характеристик сырья (вариация гранулометрического состава угля, его теплотворная способность, свойства используемой среды и т.п.). Реально такие характеристики заметно изменяются при использовании угля из одного месторождения или воды из одного и того же источника (водоема, шахты, технологической воды и т.п.) [9,11].

Естественно, что при такой нестабильности параметров технологического процесса, не удастся добиться заданного качества конечного продукта и, соответственно, эффективности производства, конечной целью которого является получение МКТ с заданной вязкостью и стабильностью, а также максимально возможной для используемого типа угля теплотворной способностью.

Следует заметить, что контролю подлежат именно вязкость и стабильность, так как гранулометрический состав довольно сложно измерять и его значение связано прямо пропорционально со значением вязкости. Регулирование значения вязкости и стабильности состава и свойств МКТ следует выполнять с помощью изменения расхода компонентов смеси и длительности их смешивания на конечном этапе производства. Поэтому, в процессе производства необходимо делать оценку относительного изменения гранулометрического состава и компонентного соотношения [5,8,11] и, как следствие, вязкости, и производить их коррекцию путем изменения расхода компонентов и связующих добавок.

До настоящего времени контроль качественных характеристик выходного продукта осуществлялся только путем их измерения после окончания производственного цикла [2–4, 12,13], что не давало возможности получения МКТ с заданными характеристиками. В таком случае практически невозможно обеспечить заданное качество выходной продукции, в связи с этим ставится задача автоматизации регулирования и контроля параметров технологического процесса производства МКТ.

Исследования показали [9], что целесообразным вариантом создания АСУ производством МКТ является применение интеллектуальной системы управления в виде нечеткой СПР с ее дальнейшей реализацией на базе специализированных промышленных компьютеров или программируемых логических контроллеров.

В общем виде структурная схема АСУ производством МКТ представлена на рис. 1. Рассматриваемая система состоит из объекта автоматизации (установка по производству МКТ) и интеллектуальной системы управления (нечеткой СПР). Благодаря определенному взаимодействию между объектом автоматизации и системой управления система автоматизации в целом обеспечивает требуемый результат функционирования объекта, характеризующийся такими величинами как вязкость μ , стабильность s , объемная концентрация твердых частиц ϕ .

Кроме основных величин, работа установки характеризуется рядом вспомогательных величин расходов компонентов МКТ f_1, f_2, \dots, f_n , температур рабочих частей исполнительных механизмов и регулирующих органов t_1, t_2, \dots, t_m , уровней в технологических емкостях l_1, l_2, \dots, l_k и т.п.

В процессе работы на объект действуют возмущающие воздействия n_1, n_2, \dots, n_i , вызывающие отклонение выходных величин от их требуемых значений $\mu_3, s_3, \phi_3, f_{13}, f_{23}, \dots, f_{n3}$. Информация о текущих значениях контролируемых и вспомогательных величин поступает в систему управления, которая после их сравнения с заданными значениями выполняет обработку полученной информации и вырабатывает управляющие воздействия m_1, m_2, \dots, m_j для компенсации отклонений выходных величин μ, s и ϕ .

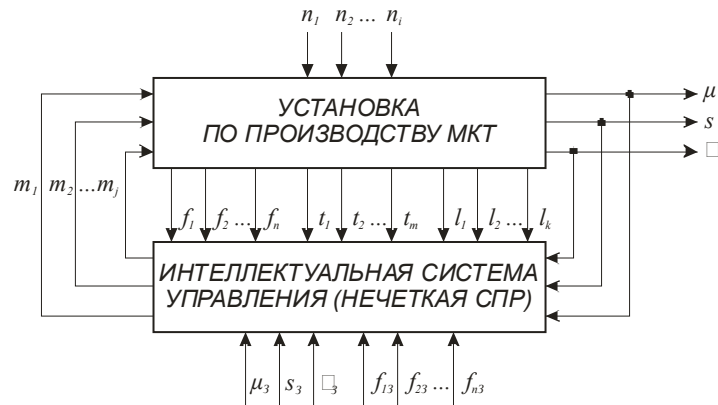


Рисунок 1 — Структурная схема автоматизированной системы управления производством многокомпонентного топлива

Нечеткая СПР предназначена для контроля основных технологических величин — вязкости и стабильности, зависящих от свойств исходного сырья, компонентного соотношения и времени их смешивания, а также — для их корректирования в зависимости от конкретных условий.

Вязкость МКТ очень трудно оценить и спрогнозировать ее величину [6,9,11], потому что она включает в себя как оценку свойств тягучести, так и эластичности суспензии. Для определения вязкости в многокомпонентных смесях можно использовать уравнение Эйнштейна:

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = 1 + 2,5\phi; \quad (1)$$

где μ_r — относительная вязкость; μ — измеренная вязкость; μ_0 — вязкость жидкой составляющей; ϕ — объемная концентрация твердых частиц.

Объемную концентрацию твердых частиц ϕ можно получить путем вычисления по методике, приведенной в [11] с помощью измерений количества твердой составляющей в смеси.

Уравнение (1) применимо в случае разведенных жидкостей. Описание зависимости вязкости для смесей с более высокими концентрациями твердых веществ представлены в форме $\mu_r = f(\phi)$ к которым асимптотически приближены значения, получаемые при использовании уравнения Эйнштейна при низких концентрациях. Однако такие вычисления используют только один параметр, фракцию объема твердых частиц. Этот тип расчета называют моделью с одним параметром. Предполагается, что частицы инертны и взаимодействия между частицами незначительны.

Вязкость суспензии не только характеризует скорость отложения осадка, но также и уровень скопления частиц. Как эмпирическое выражение для определения $f(\phi)$ предлагается использовать выражение следующего вида:

$$f(\phi) = e^{-5,9\phi}; \quad (2)$$

Уравнение (2) иллюстрирует, как быстро увеличение объемной концентрации твердых частиц ϕ может уменьшить уровень отложения осадка. Однако количество шлама в исходном сырье и его свойства влияют на увеличенные вязкости и, как результат на особенности использования МКТ, и возможность его полной утилизации.

Важным фактором оценки МКТ как продукта является сохранение его физико-химических свойств, что довольно трудно из-за небольшого размера частиц угля (большинство угольных частиц в смеси меньше чем 50 μm). Хотя большая часть свойств,

такие как плотность и вязкость угля и воды важны, на поверхностные свойства влияют количество шлама в исходном сырье и его свойства [11].

Ниже приведено модифицированное уравнение Эйлера, которое также можно использовать при оценке относительной вязкости МКТ [6]:

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} = \left(1 + \frac{0,5[\mu]}{\left(\frac{1}{\phi}\right) - \left(\frac{1}{\phi_{\max}}\right)} \right)^2; \quad (3)$$

где $[\mu]$ — характерная вязкость — корректируемая величина учитывающая форму и твердость частиц в МКТ; ϕ_{\max} — корректируемая величина, связанная с максимально возможной упаковкой макрочастиц в МКТ.

Использование модифицированного уравнения Эйлера повысит точность определения мгновенного значения вязкости МКТ, но существенно усложнит алгоритм вычисления и длительность обработки исходных данных.

Стабильность МКТ прямо пропорционально зависит от количества подаваемого в смесь реагента-пластификатора, а также от времени смешивания компонентов после его добавления, так как именно на данном участке производственного цикла происходит процесс приобретения смесью ее конечных физико-химических и физико-механических свойств [5].

Общий вид схемы автоматизации, реализующей описанную систему контроля и управления, представлен на рис. 2. Линия по производству МКТ состоит из гидроударной установки мокрого помола (ГУУМП) *I*, классификатора ситовидного типа *II*, установка обезвоживания породного продукта *III*, механический диспергатор-кавитатор *IV*, емкость с готовым продуктом *V* [2,3,8]. Сохранение баланса соотношения компонентов МКТ осуществляется поддержанием на заданном значении расходов компонентов смеси [8].

Текущее значение расхода угля измеряется датчиком расхода сыпучих материалов *1a*, расход воды — датчиком расхода жидкости *2a*, расход реагента-пластификатора — датчиком расхода сыпучих материалов *ба*. Датчики *3a*, *4a*, *8a* предназначены для контроля уровня заполнения классификатора ситовидного типа *II*, емкости участка обезвоживания породного продукта *III*, емкости с готовым продуктом *V* соответственно. Информацию о качественных характеристиках МКТ система управления получает с помощью измерительного устройства *7a*. Сигналы с первичных преобразователей после их перевода в унифицированный вид вторичными преобразователями поступают на соответствующие входы программируемого логического контроллера (ПЛК). Контроллер выступает в роли устройства связи с объектом для промышленного компьютера. На промышленном компьютере реализованы хранение и обработка данных, алгоритм нечеткого вывода, расчет и прогнозирование фактических значений контролируемых величин, их сравнение с заданными, а также формирование и подача на программируемый логический контроллер управляющих сигналов для коррекции времени смешивания компонентов и расхода каждого из них соответственно.

Регулирование расхода угля осуществляется путем управления скоростью вращения рабочего органа *9в* шнекового питателя *III*, регулирование расхода воды — количеством оборотов ротора насоса *H1*, регулирование расхода реагента-пластификатора — путем управления скоростью вращения рабочего органа *15в* шнекового питателя *II*. Насос *H2* предназначен для подачи насыщенной воды с емкости участка обезвоживания породного продукта *III* в ГУУМП *I*. Насос *H3* обеспечивает перекачивание водоугольной смеси с классификатора ситовидного типа *II* в механический диспергатор-кавитатор *IV*, где осуществляется окончательный цикл смешивания МКТ. Насос *H4* предназначен для перекачивания МКТ в емкости с готовым продуктом *V*.

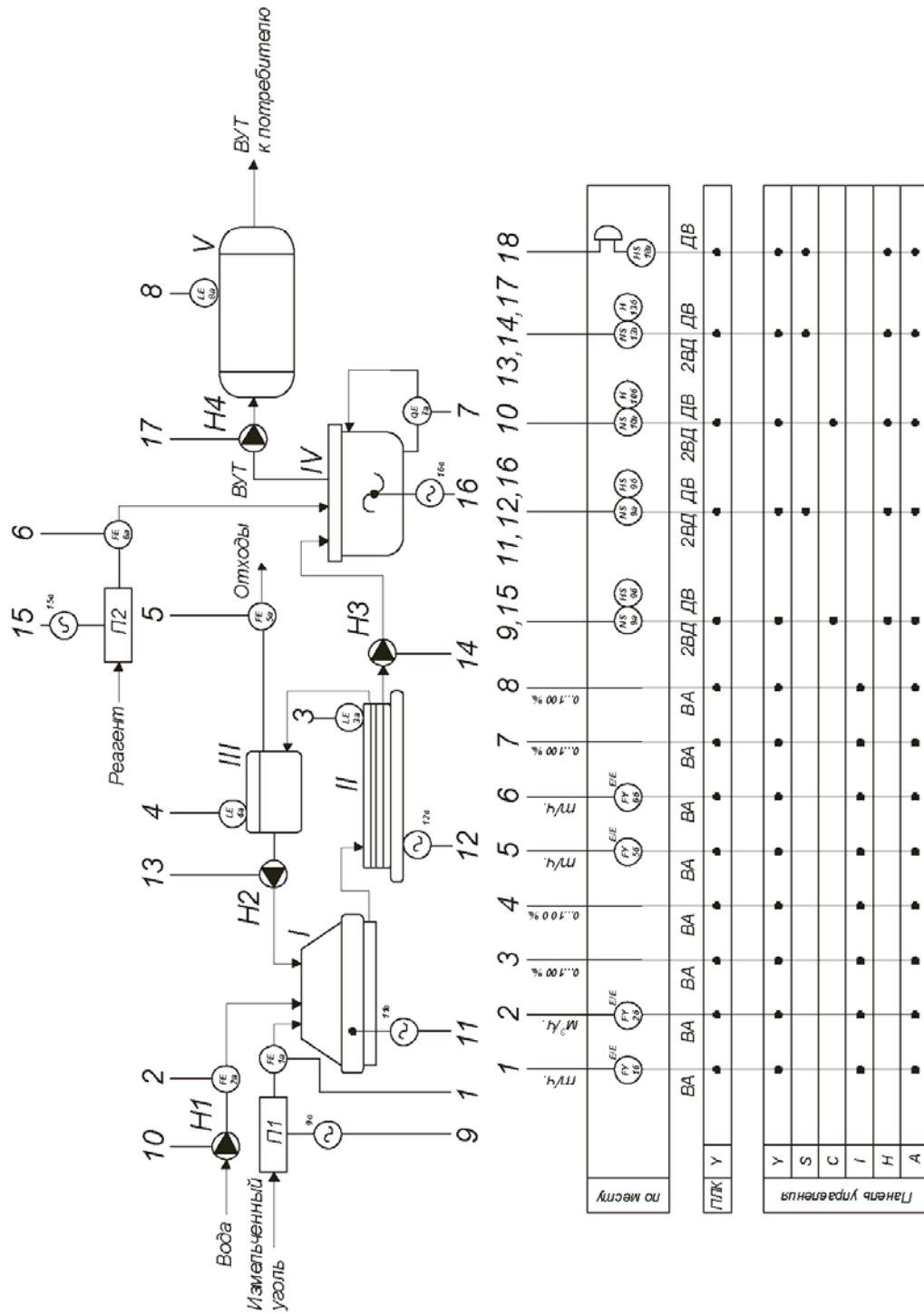


Рисунок 2 — Функциональная схема автоматизации установки по производству многокомпонентного топлива

Таким образом в системе автоматизации реализованы следующие контуры управления: подача угля по средствам шнекового питателя *П1*, подача воды (насос *Н1*) и возврата технологической обогащенной воды (насос *Н2*), подача реагента-пластификатора с помощью шнекового питателя *П2*, мокрый помол в ГУУМП *I*, перекачивание (насос *Н3*) сырья из классификатора *К* в диспергатор-кавитатор *ДК* и процесс смешивания, отбор готового МКТ (насос *Н4*) в емкость с готовым продуктом *В*.

Блок-схема алгоритма управления производством МКТ, краткое описание которого приведено ниже, представлена на рис. 3.

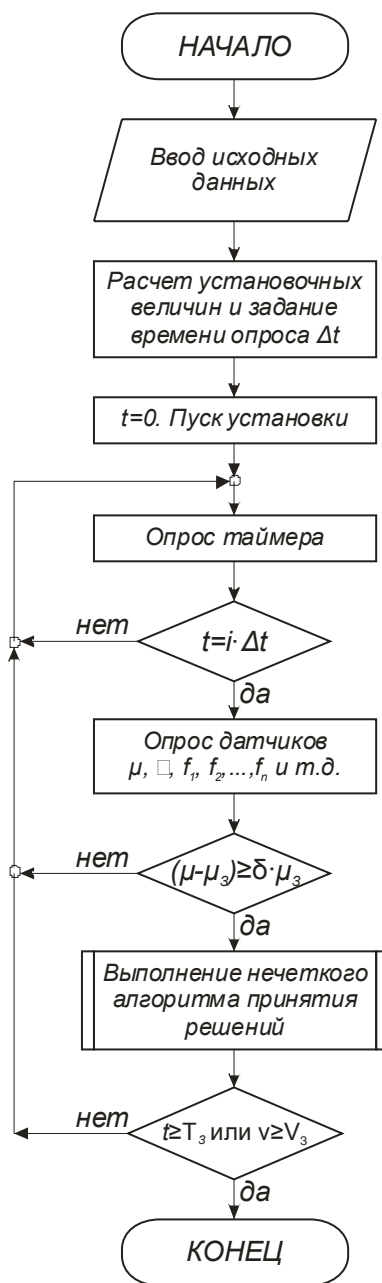


Рисунок 3 — Блок-схема алгоритма управления производством многокомпонентного топлива

Перед началом процесса вводятся исходные данные, обнуляется время отсчета, производится запуск системы контроля. Система контроля считывает исходные данные и вычисляет

начальное задание на расход компонентов, которые являются исходными для конечных устройств регулирования. Следующим этапом является пуск линии подачи подготовленного угля и включение насоса подачи воды в гидроударную установку мокрого помола (ГУУМП). Пуск подсистемы подачи мазута или других компонентов нефтяного или органического происхождения, а также пуск подсистемы подачи реагента-пластификатора осуществляется с некоторой задержкой по времени. В это же время происходит задание периода опроса первичных преобразователей Δt . При достижении таймером значения времени, кратного Δt , выполняется очередной сеанс контроля, во время которого с первичных преобразователей считывается текущее значение измеряемых величин.

Если рассчитанные по полученным значениям предполагаемые величины вязкости и стабильности не отвечают заданным с определенным небольшим отклонением (зависит от производительности установки и оговоренных с потребителем допусков), то происходит коррекция расхода каждого из компонентов смеси и их времени смешивания на последнем этапе производственного цикла. Окончанием процесса производства является время получения заданного объема продукции.

В основу функционирования рассматриваемой системы управления положен программный принцип реализации алгоритма управления процессом производства МКТ с нечеткой системой принятия решений. Алгоритм управления может быть реализован как совершенно независимый программный модуль написанный языком среды программирования промышленных систем управления CoDeSys или с использованием готовых программных решений среды программирования Matlab.

Основным средством управления может выступать промышленный компьютер или персональный компьютер, вынесенный в пылезащищенную, влагозащищенную и изолированную от шума операторскую.

Устройством связи с объектом является программируемый логический контроллер ПЛК 150 фирмы ОВЕН [10] или равносильный ему, способный в случае необходимости выполнять функции контроля и управления процессом производства МКТ. Дополнительно могут применяться специализированные аналоговые и дискретные модули ввода-вывода.

Выводы

Интеллектуальная система управления в виде нечеткой СПР является эффективным способом реализации автоматизированной системы управления производством МКТ в условиях отсутствия полной информации о ходе технологического процесса при приближенном измерении параметров, их косвенной оценке, а также отсутствия комплексного и адекватного математического описания технологического процесса изготовления МКТ.

Применение автоматизированной системы управления и контроля производства МКТ позволяет повысить качество выходной продукции путем обеспечения заданных значений параметров вязкости и стабильности, и дает возможность сокращения времени полного цикла производства за счет уменьшения возврата продукции для ее повторного смешивания на участке добавления реагента-пластификатора, органических и других примесей.

Список использованной литературы

1. Інформаційно-аналітичне дослідження стану паливно-енергетичного комплексу України: огляд української преси з проблем паливно-енергетичного комплексу / упорядник Львівська регіональна Рада НТСЕУ. – К., 2011. – травень, №412. – 50 с.
2. Получение многокомпонентных жидких печных топлив на базе бурого или каменного углей и некондиционных углесодержащих отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tda-nsk.ru/?pg=goods&ID=10>.
3. Способ получения композиционного водоугольного топлива: пат. 2268259 РФ: МПК С10L1/32 (2006.01) / Дзюба Д.А., Заостровский А.Н., Клейн М.С., Мурко В.И., Панина Т.А., Федяев В. И. ; заявитель и патентообладатель ЗАО НПП «Сибэкотехника». — № 2004125188/04; заявл. 17.08.2004 ; опубл. 20.01.2006, Бюл. №02. — 10 с.

4. Производство и использование водоугольного топлива / В.Е. Зайденварг, К.Н. Трубецкой, В.И. Мурко и др. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. — 173 с.
5. Водоугольное топливо. Анализ результатов исследования характеристик ВУТ, полученного на ОПУ ООО «Енисейский ЦБК» ОАО Новосибирсктеплоэнергопроект» (на правах рукопису). – Новосибирск, 2004. — 26 с.
6. Коваленко А.А. Расчет вязкости водоугольного топлива [Электронный ресурс] / А.А. Коваленко, Л.И. Рисухин, А.М. Шворникова и др. // Режим доступа: <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/vsunud/2009-3E/09kaavvt.htm>.
7. Кушнір І.С. Математична модель установки з виробництва водовугільного палива / І.С. Кушнір, А.І. Андреев, О.М. Харабет // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Обчислювальна техніка та автоматизація». – 2011. – Вип. 21(183). – С. 26–32.
8. Кушнір І.С. Повышение энергоэффективности процесса производства водоугольного топлива / И.С. Кушнір, А.И. Андреев, А.Н. Харабет // Технічна електродинаміка. Силова електроніка та енергоефективність. – 2011. – Ч.1. – С. 223–228.
9. Кушнір І.С. Нечітка система контролю в'язкості суміші при виробництві водовугільного палива / І.С. Кушнір, А.І. Андреев, О.М. Харабет // Праці інституту електродинаміки Національної академії наук України. Збірник наукових праць. Спец. випуск. – 2011. – Ч.1. – С. 182–189.
10. Овен. Оборудование для автоматизации: каталог. — М., 2010. – 386 с.
11. Lee Sunggyu. Handbook of alternative fuel technologies / Lee Sunggyu, James G. Speight, Sudarshan K. Loyalka. – New York: CRC Press, 2007. — 524 p.
12. Anderson Chris M. Subtask 3.16 – Low-Cost Coal-Water Fuel for Entrained-Flow Gasification / Chris M. Anderson. — Morgantown, West Virginia: U.S. Department of Energy, 1997 – 17 p.
13. Wiang Haeng Coal-Water Fuel Preparation and Gasification / Chris M. Anderson, Mark A. Musich, Brian C. Young et al. – Grand Forks, North Dakota: Energy and Environmental Research Center University of North Dakota, 1996. — 135 p.

Надійшла до редакції:
17.02.2012р.

Рецензент:
д-р техн.наук, проф. Чичикало Н.И.

I.S. Kushnir. Automation of Control of Manufacture of Multicomponent Fuel. In the work the block diagram of the automated control system (ACS) of manufacture of multicomponent fuel (MCF) is developed. The scheme of automation of installation on manufacture MCF bases on fuzzy inference system is offered. The algorithm of work of the ACS is considered by manufacture MCF. Keywords: technological process, multicomponent fuel, coal, fuzzy inference system, the automated control system, viscosity, stability.

I.S. Кушнір. Автоматизація управління виробництвом багатокomпонентного палива. В роботі розроблена структурна схема автоматизованої системи управління (АСУ) виробництвом багатокomпонентного палива (БКТ). Запропонована функціональна схема автоматизації установки по виробництву БКТ, в основу якого покладено нечітку систему прийняття рішень (СПР). Розглянутий алгоритм роботи АСУ виробництвом БКТ і надані пропозиції по комплектації запропонованою АСУ.

Ключові слова: технологічний процес, багатокomпонентне паливо, вугілля, нечітка система прийняття рішень, автоматизована система управління, в'язкість, стабільність.

© Кушнір І.С., 2012