

УДК 621.313.12.001.57

Вовк І.В.

Одеський національний політехнічний університет

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КАВІТАЦІЙНОГО ВОДНО-ВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА

У статті розроблено технологічну схему виготовлення ВВП, функціональну схему автоматизації, математичну модель регулювання подачі вугільного пилу. За допомогою програмного забезпечення SCADA Trace Mode розроблено екранні форми.

З огляду на те, що вугілля дешевше за мазут і газ, треба також розуміти, що спалювання вугілля на ТЕС зовсім не просто забезпечує нас енергією й виходить вона не дуже дешевою, так як використання вугілля на ТЕС зумовлює обростання в основному технологічному ланцюгу електростанції: спалювання вугілля в топці котла й отримання пара за допомогою турбіни, що обертає електрогенератор, енергія від якого видається в систему цілим букетом допоміжних і додаткових вузлів, у тому числі забезпечує розвантаження, зберігання, приготування та подачу на спалювання. Сюди входять залізничне господарство, вагоноопрокидувачі, тракти подачі палива з вузлами пересипок, дробарками, бункерами, млинами й пилосистемами. І переробляється вугілля сотні, а то й тисячі тонн на годину. Вугілля розсіпається, самозаймається, пилить, а пил вибухає. Тому заявляються системи пилопригнічення, аспірації, гідрозмиву з очисними спорудами. Усі ці додаткові вузли збільшують обсяги й вартість будівництва ТЕС, ускладнюють роботу експлуатаційного персоналу, не забезпечуючи стовідсоткової гарантії безпеки та нормальних санітарно-гігієнічних умов роботи.

Ключові слова: ТЕС, енергія, вугілля, SCADA Trace Mode, математична модель.

Постановка проблеми. Сьогодні багато говорять про розширення використання альтернативних, відновлювальних, нетрадиційних джерел енергії, але все це перспективні джерела, а в практичному плані необхідно зосередитися на традиційних джерелах і передусім повномасштабному поверненні в енергетику вугілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Водно-вугільне паливо, водно-вугілля (скорочення: ВУТ, ВВП, CWS, CWSM, CWM) – рідке паливо, яке отримують шляхом змішування подрібненого вугілля, води і пластифікатора. Використовується на теплогенеруючих об'єктах в основному як альтернатива природному газу й мазуту. Дає змогу істотно скоротити витрати під час виробництва теплової та електричної енергії. Концептуально належить до технології «CLEAN COAL» [1, с. 76–95].

Водно-вугілля має задані реологічні (в'язкість, напруга зсуву), седиментаційні (збереження однорідності в статичних і динамічних умовах) і паливні (енергетичний потенціал, повнота вигорання органічних сполук) характеристики. Параметри водно-вугілля чітко регламентовані національними стандартами Китаю, які можуть застосовуватися як еталон. Також для водно-вугільного палива характерні такі властивості: температура займання – 800–850 °С, температура горіння – 950–1150 °С, теплотворна здатність – 3700 ... 4700 ккал. Ступінь згорання вуглецю – понад 99%. Водно-вугілля пожежо- та вибухобезпечне.

Основний принцип у приготуванні водно-вугільного палива полягає в забезпеченні стабільності подрібнення вугілля із заданими параметрами й чіткому дотриманні концентрацій допоміжних речовин, що призводить до поліпшення реологічних властивостей і стабільності процесу горіння.

Натепер існують різні способи помелу вугілля, але найбільш відпрацьований і вивчений спосіб полягає у використанні кульових млинів безперервного мокрого розмелювання.

Вугілля газових марок доставляється на відкритий майданчик заводу. Фронтальний навантажувач подає вугілля в приймальний бункер двохвалкової дробарки, звідки розмелене до фракції 3–6 мм вугілля направляється для подальшого помелу в кульовий млин, де за допомогою дозаторів подаються технічна вода і присадка. Відбувається мокрий помел вугілля з присадкою до фракції 0–300 мкм. Водно-вугільне паливо через фільтр завантажується в накопичувальні ємності з пристроєм. Паливо фракції 71–300 мкм повертається в млин для подальшого помелу. Готове паливо з накопичувальної ємності завантажується в цистерни для транспортування.

Як видно з класифікації та якісних вимог до водно-вугільного палива, для приготування має застосовуватися тільки високоякісне енергетичне вугілля з низьким умістом сірки й золи.

У процесі приготування палива значна увага приділяється контролю елементарного складу.

Це зумовлено необхідністю дотримання екологічних норм, а також дає змогу продовжити термін експлуатації обладнання. Тому для приготування палива використовують тільки попередньо підготовлену очищену воду.

Використання пластифікаторів у водно-вугільному паливі зумовлено необхідністю забезпечення особливих характеристик: низькою в'язкістю, гарною плинністю, тривалою стабільністю зважених часток вугілля. Найбільш часто застосовуються домішки на основі технічних лігносульфонатів, гумінові реагенти (натрієві солі гумінових кислот різних фракцій), поліфосфати, які ефективно діють у лужному середовищі (при рН = 9 ÷ 13 при 40% води в паливі).

Постановка завдання. Мета статті – автоматизувати технологічний процес виготовлення кавітаційного водно-вугільного палива; розробити технологічну схему виготовлення, функціональну схему автоматизації, математичну модель регулювання подачі вугільного пилу; зняти перехідний процес регулювання під час подачі вугільного пилу; за допомогою програмного забезпечення SCADA Trace Mode розробити екранні форми.

Виклад основного матеріалу дослідження. Водно-вугільне паливо (ВВП) – це суміш, яка на 60–70% складається з тонко подрібненого вугілля й на 29–39% – з води. Ще один відсоток припадає на пластифікатори, які не дають суспензії змоги розшаровуватися на складові компоненти й підтримують її однорідність [2, с. 10–20].

Основний принцип у приготуванні водно-вугільного палива полягає в забезпеченні стабільності подрібнення вугілля із заданими параметрами та чіткому дотриманні концентрацій допоміжних речовин, що призводить до поліпшення реологічних властивостей і стабільності процесу горіння.

У змішувач подаємо воду, вугільний пил, емульгатор та обурення. Далі йде процес змішування, і на виході ми отримуємо водно-вугільне паливо. Будемо управляти подачею води й вугільного пилу.

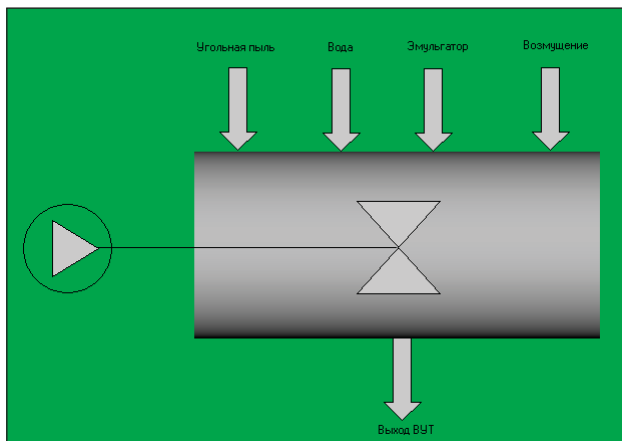


Рис. 1. Технологічна схема виготовлення ВВП

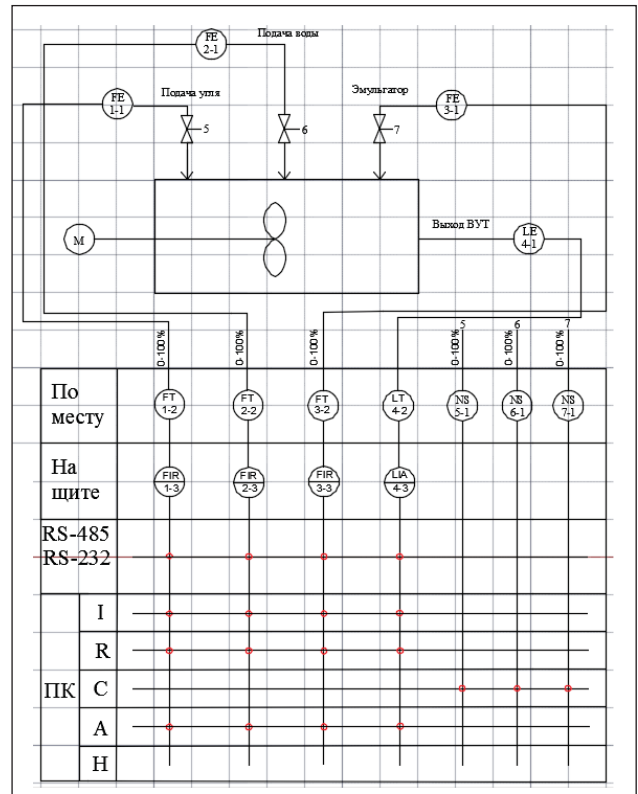


Рис. 2. Функціональна схема автоматизації

Опис елементів

FE	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання витрати, установлений за місцем (діафрагма, сопло Вентурі, датчик індукційного витратоміра тощо).
FT	Прилад для вимірювання витрати безшкальний з дистанційним передаванням показань, установлений за місцем (безшкальний дифманометр, ротаметр з пневмо- або електропередачею).
LE	Первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання рівня, встановлений за місцем (датчик електричного або ємнісного рівнеміра).
LT	Прилад для вимірювання рівня з контактним пристроєм безшкальний з дистанційним передаванням показань, установлений за місцем (рівнемір безшкальний із пневмо- або електропередачею).
LIA L	Прилад для вимірювання рівня з контактним пристроєм, установлений на щиті (вторинний показує прилад із сигналізацією верхнього та нижнього рівнів).
FIA	Прилад для вимірювання витрати з контактним пристроєм, установлений на щиті.

Математична модель регулювання подачі вугільного пилу [3, с. 54–61].

Для настройки ПІ регулятора потрібно спочатку встановити постійну часу інтегрування, що дорівнює нулю, а коефіцієнт пропорційності є максимальним.

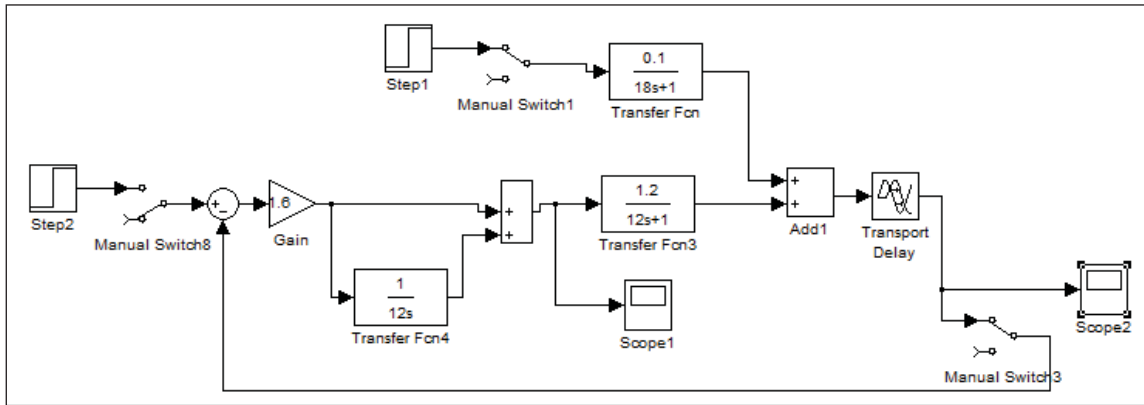


Рис. 3. Схема моделі подачі вугільного пилу

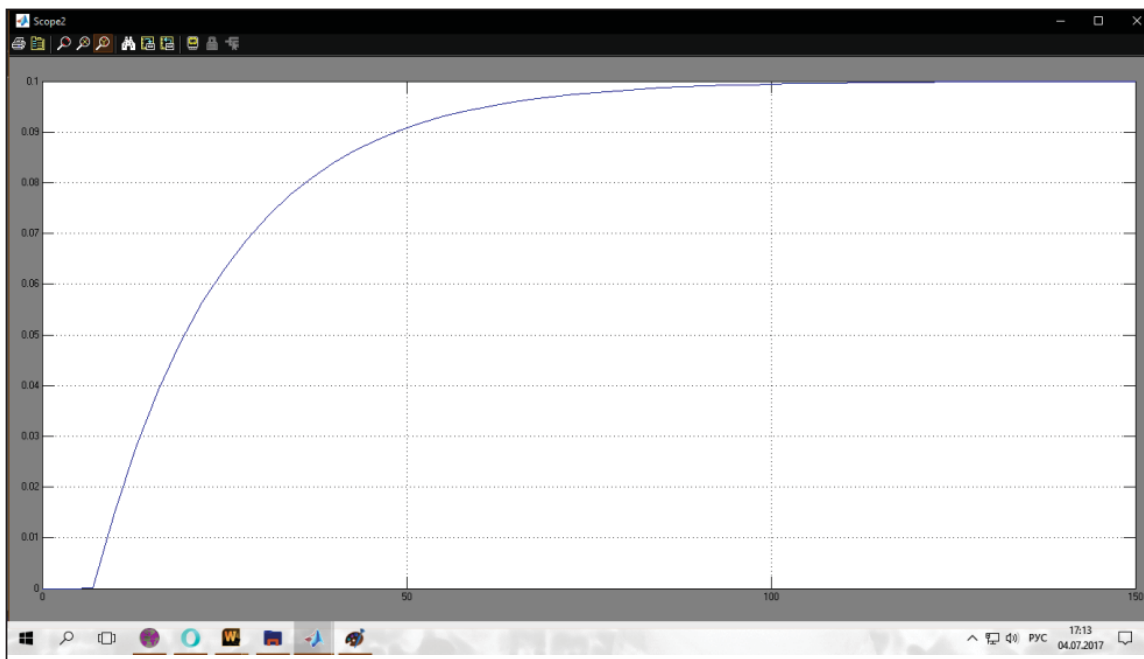


Рис. 4. Крива розгону по каналу «збурення»

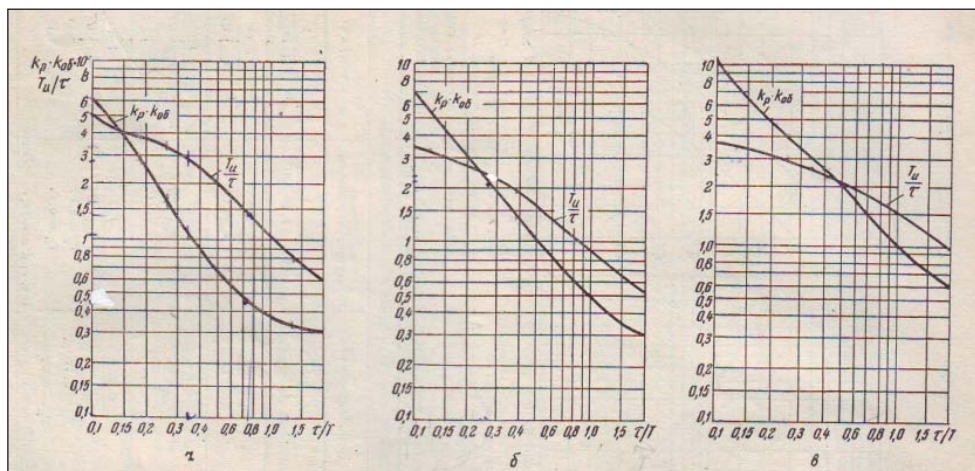


Рис. 5. Номограми налагодження ПІ-регулятора на статичному об'єкті:
 а – аперіодичний процес; б – 20-процентне перерег.;
 в – процес із $\min [2(t)d]$ [4, с. 72–85]

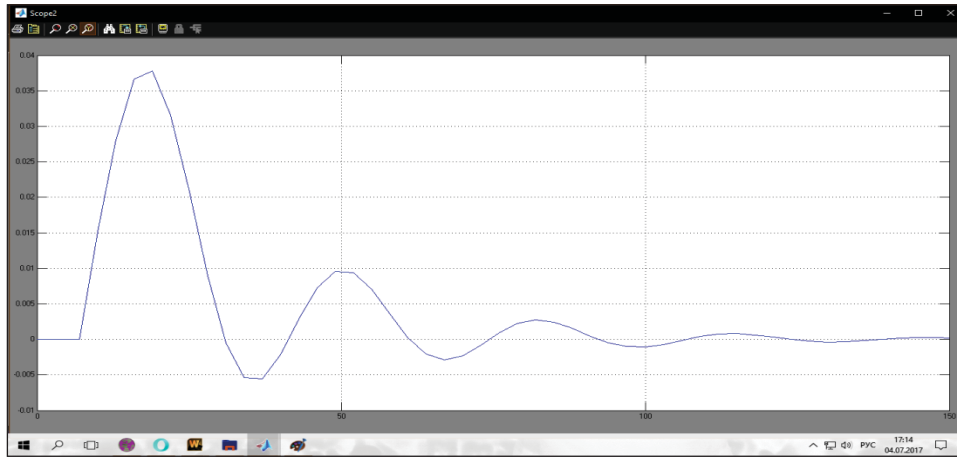


Рис. 6. Перехідний процес регулювання подачі вугільного пилу

Потім, як і при налаштуванні пропорційного регулятора, зменшенням коефіцієнта пропорційності потрібно домогтися появи в системі незатухаючих коливань. Близьке до оптимального значення коефіцієнта пропорційності буде в два рази більшим за те, при якому виникли коливання, а близьке до оптимального значення постійної часу інтегрування – на 20% меншим за період коливань.

Отримаємо:

$$a = \frac{\tau}{T} = \frac{7}{12} = 0,5. \quad (1)$$

Знайдемо оптимальні настройки регулятора методом Копеловича.

У нашому випадку ми беремо графік аперіодичного процесу:

$$T_u = 2 * \tau = 1.7 * 7 = 12 \text{ (с)} \quad (2)$$

$K_p * K_{об} = 1$, звідки

$$K_p = \frac{1}{K_{об}} = \frac{1}{1.2} \quad (3)$$

$$\frac{T_i}{\tau} = 1.7, \quad (4)$$

де K_0 – коефіцієнт посилення об'єкта, τ – транспортне запізнювання, T – постійна часу об'єкта регулювання.

SCADA-система Trace Mode розроблена і продовжує вдосконалюватися фірмою-виготворлювачем AdAstra Research Group, Ltd. Один із останніх продуктів – 6 версія Trace Mode, що містить повний набір програмних засобів для створення АСУТП та АСУВ. SCADA-система Trace Mode містить засоби розробки операторського інтерфейсу (SCADA/HMI), програмування контролерів (Softlogic), управління основними фондами (EAM), персоналом (HRM) і виробничими процесами (MES) [5, с. 102–110].

Висновки. У роботі розглянута автоматизація технологічного процесу виготовлення кавітаційного водно-вугільного палива.

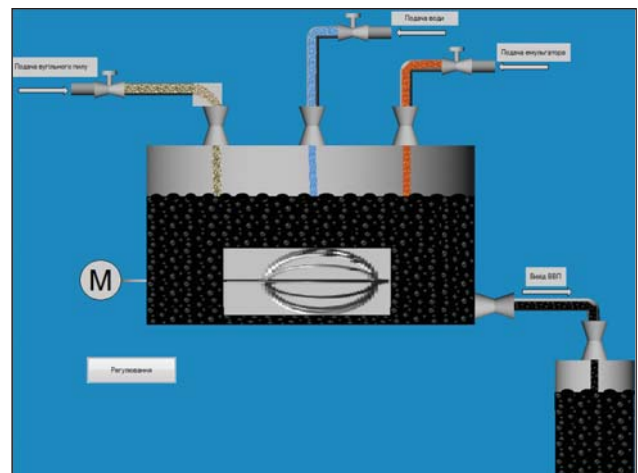


Рис. 7. Вікно мнемосхеми технологічної ділянки регулювання

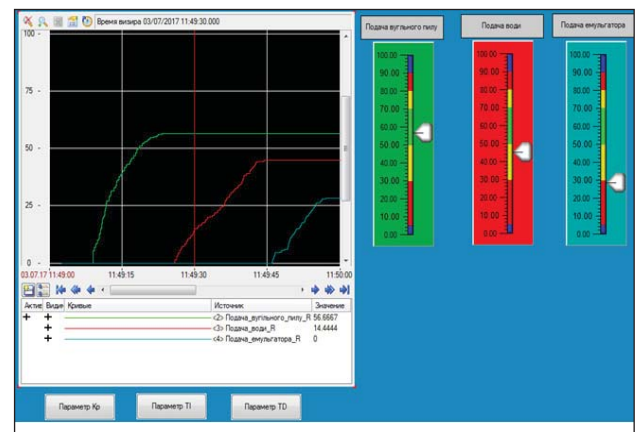


Рис. 8. Екранна форма «Регулювання»

Розроблена технологічна схема виготовлення ВВП, функціональна схема автоматизації, математична модель регулювання подачі вугільного пилу та побудовані перехідні процеси регулювання по каналу «подача вугільного пилу». За допомогою програмного забезпечення SCADA Trace Mode розроблено екранні форми.

Список літератури:

1. Зайденварг В.Е., Трубецкой К.Н., Мурко В.І. Виробництво та використання водо-вугільного палива. Москва, 2001. С. 76–95.
2. Долинський А.А., Халатов А.А. Водо-вугільне паливо: перспективи використання в теплоенергетиці і житлово-комунальному секторі. Київ, 2005. С. 10–20.
3. Результати чисельного моделювання процесу спалювання водо-вугільного палива / В.І. Мурко, С.А. Цецоріна, В.І. Федяєв, В.І. Карпенко. Харків, 2003. С. 54–61.
4. Кон Л.І. Методичні вказівки і таблиці для вибору налаштувань ПІ- і П-регуляторів в одноконтурних системах регулювання теплових об'єктів з запізненням. Одеса, 1975. С. 72–85.
5. П'явченко Т.А. Навчальний посібник з технічних дисциплін. Проектування АСУТП в SCADA-системі. Таганрог, 2007. С. 102–110.

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
КАВИТАЦИОННОГО ВОДНО-УГОЛЬНОГО ТОПЛИВА**

В статье разработаны технологическая схема изготовления ВВП, функциональная схема автоматизации, математическая модель регулирования подачи угольной пыли. С помощью программного обеспечения SCADA Trace Mode разработаны экранные формы.

Так как уголь дешевле мазута и газа, необходимо также понимать, что сжигание угля на ТЭС совсем не просто обеспечивает нас энергией и выходит она не очень дешевой, использование угля на ТЭС определяет обрастание в основном технологической цепи электростанции: сжигание угля в топке котла и получение пара с помощью турбины вращает электрогенератор, энергия от которого выдается в систему целым букетом вспомогательных и дополнительных узлов, в том числе обеспечивает разгрузку, хранение, приготовление и подачу на сжигание. Сюда входят железнодорожное хозяйство, вагоноопрокидывателя, тракты подачи топлива с узлами пересыпок, дробилками, бункерами, мельницами и пылесистемы. И перерабатывается угля сотни, а то и тысячи тонн в час. Уголь же рассыпается, самовоспламеняется, пылит, а пыль взрывается. Поэтому появляются системы пылеподавления, аспирации, гидросмыва с очистными сооружениями. Все эти дополнительные узлы увеличивают объемы и стоимость ТЭС, затрудняют работу эксплуатационного персонала, не обеспечивая стопроцентной гарантии безопасности и нормальных санитарно-гигиенических условий работы.

Ключевые слова: ТЭС, энергия, уголь, SCADA Trace Mode, математическая модель.

**AUTOMATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS FOR MANUFACTURE
OF CALCULATED WATER-COAL FUEL**

In this article a technological scheme of GDP production will be developed, a functional scheme of automation, a mathematical model for regulating the supply of coal dust. Use the SCADA Trace Mode software to create screen forms.

Taking into account the fact that coal is cheaper than fuel oil and gas, it is also necessary to imagine that combustion of coal at the TPP does not simply provide us with energy and it does not turn out to be very cheap, since the use of coal at the TPP determines the overgrowth of the main technological chain of the power plant: coal combustion in the furnace of the boiler and the steam, with the help of a turbine rotating an electric generator, the energy from which is issued to the system with a whole bunch of auxiliary and additional units, including provide unloading, storage, preparation and filing and burning. This includes the railway industry, carriages, fuel supply lines with intersections, crushers, bunkers, mills and pylostems. And coal is recycled hundreds, and even thousands of tons per hour. The charcoal is scattered, self-engulfing, sawing, and dust explodes. Therefore, there are systems of dust suppression, aspiration, water drainage with treatment facilities. All these additional nodes increase the volume and cost of construction of the TPP, complicate the work of the operating personnel, without providing a one hundred per cent safety guarantee and normal sanitary and hygienic conditions of work.

Key words: thermal power station, energy, coal, SCADA Trace Mode, mathematical model.