

**ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БУРОГО УГЛЯ ТАЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СРЕДЫ В ТОПКЕ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО КОТЛА**

Сёмушкин В.П., Воронцова Е.С.

Научный руководитель: Гиль А.В., к.т.н., доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: ves@tpu.ru

**TALOVSKOE DEPOSIT BROWN COAL CHARACTERISTICS STUDY FOR PULVERIZED –COAL
FIRED BOILER FURNACE ATMOSPHERE NUMERICAL SIMULATION**

Semushkin V.P., Vorontsova E.S.

Scientific Supervisor: Gil A.V., PhD
National research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: ves@tpu.ru

Abstract. *Talovskoe deposit brown coal and its characteristics was researched. Computation method was used for lower calorific value, fuel consumption and heat for moisture evaporation calculations. Calculated data and coal moisture. The results are presented in graphical form. Talovskiy coal optimum moisture content should be within the range of 35-45% for fire and explosion safety. It is necessary to conduct a numerical simulation in order to examine Talovskiy coal application possibility as a non-project fuel for the existing equipment. The conducted research will allow to make a conclusion regarding power plant equipment reconstruction and modernization necessity.*

Одной из основ развития экономики современного общества является топливно-энергетический комплекс (ТЭК). Процессы развития науки и техники, уровень производственной базы и улучшение условий труда во многом зависят от состояния энергетики страны. Разработанные энергетические стратегии в ряде стран мира определяют свое место на мировом энергетическом рынке и предусматривают экстенсивный путь решения проблем отрасли, за счет увеличения добычи энергоресурсов. В связи с этим, в регионах нашей страны повышается роль местных топлив при производстве тепловой и электрической энергии.

Одним из таких видов топлива в Томской области является бурый уголь марки Б1 Таловского месторождения. Такие факторы, как непосредственная близость месторождения, сокращение транспортных расходов и закупочной стоимости топлива, становятся основополагающими при необходимости принятия решения по замещению привозных проектных энергоносителей на электростанциях г. Томска. Однако, из-за своих специфических характеристик, относительно используемого топлива, его применение требует предварительных исследований.

Исходя из характеристик и состава [1], данный уголь относится к низкокалорийным, высоковлажным, среднезольным, малосернистым, высокорекреационным, неспекающимся с невысокой тугоплавкостью золы. В таблице 1 представлены характеристики угля [2], принятые в качестве исходных.

Таблица 1.

Характеристики таловского угля в рабочем состоянии

W_t^r	A_t^r	V^{daf}	Q_i^r	C^r	H^r	O^r	S^r	N^r
%	%	%	МДж/кг	%	%	%	%	%
50,7	18,2	63,1	8,4	20,08	2,10	8,50	0,06	0,36

Таловский уголь имеет высокую теплоту сгорания сухой массы среди низкокачественных топлив. Для ее использования необходимо эффективное удаление влаги. Значение выхода летучих

показывает, что подсушенный уголь будет иметь высокую реакционную способность при воспламенении и горении. Поэтому для сжигания таловского угля в котельных установках тепловых электрических станций необходимо специальное оборудование: система пылеприготовления и горелочные устройства для обеспечения интенсивного массообмена [3].

Современные компьютерные технологии и наличие различных пакетов прикладных программ для численного моделирования с графическим отображением физико-химических процессов, позволяют оценить целесообразность применения данного вида топлива, эффективность и экологичность его использования, а также избавиться от дорогостоящих экспертиз и проверок в ходе эксплуатации.

Пакет прикладных программ ANSYS FLUENT предназначен для решения подобных задач, при помощи численного моделирования и визуальных инструментов, а также, благодаря автоматически обновляемым графикам погрешностей расчёта различных физических и тепловых параметров. В его основе лежит математическая модель пространственного турбулентного течения, процессов тепломассопереноса и горения твердого топлива в топочных устройствах ТЭС. Модель основана на смешанном Эйлер-Лагранжевом описании двухфазной среды и представляется следующими уравнениями [4]:

- уравнение неразрывности

$$\frac{\partial(\rho U_i)}{\partial x_i} = 0;$$

- уравнение количества движения ($i = 1, 2, 3$)

$$\frac{\partial \rho U_j U_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \frac{\partial U_k}{\partial x_k} \delta_{ij} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} \right] - \rho g \delta_{2i};$$

- уравнение переноса энтальпии газовой смеси

$$\frac{\partial \rho U_k H}{\partial x_k} = -\frac{\partial}{\partial x_k} \left(\left(\frac{\lambda}{C_p} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \frac{\partial H}{\partial x_k} \right) - \text{div } q_{rad,g} + \langle g \rangle + H (\langle \kappa^{coke} \rangle + \langle \kappa^{volat} \rangle);$$

- уравнение переноса концентраций компонент α газовой смеси

$$\frac{\partial \rho U_k C_a}{\partial x_k} = \frac{\partial}{\partial x_k} \left((\rho D_a + \frac{\mu_t}{Sc_t}) \frac{\partial C_a}{\partial x_k} \right) + r_a;$$

- уравнения k - ε модели турбулентности

$$\frac{\partial \rho U_j k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + \mu_t |S|^2 - \rho \varepsilon;$$

$$\frac{\partial \rho U_j \varepsilon}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) + \rho C_1 \varepsilon |S| - \rho C_2 \frac{\varepsilon^2}{k + \sqrt{\nu \varepsilon}};$$

- уравнение радиационного переноса

$$\alpha_g E_r = \frac{\partial}{\partial x_k} \left(\frac{1}{3\zeta} \frac{\partial E_r}{\partial x_k} \right) + \sigma_0 \alpha_g T_g^4 - \langle s_{rad} \rangle;$$

где U – компоненты вектора скорости; ρ , P , T , c , μ – плотность, давление, температура, удельная теплоемкость, динамическая вязкость смеси соответственно; C – концентрация компонентов; k , ε – кинетическая энергия турбулентности и скорость ее диссипации; q_{rad} – компоненты вектора радиационного теплового потока; σ – постоянная Стефана–Больцмана; ζ – коэффициент ослабления среды; α_g – коэффициент поглощения.

Исходя из того, что все характеристики таловского бурого угля, в том числе и влажность, известны в широком диапазоне из результатов предыдущих исследований, существует необходимость определения ее оптимального значения для дальнейшего численного моделирования.

Для выбора оптимальной влажности расчетным методом теплового расчета [5,6] получены значения низшей теплоты сгорания, расхода топлива и тепла на испарение влаги. На рисунках 1-3 представлены зависимости расчетных показателей от влажности угля в принятом диапазоне (от 20% до 60% – максимальной для таловского угля). Влажность в пределах от 20 до 40% взята для проверки верности расчетных исследований.

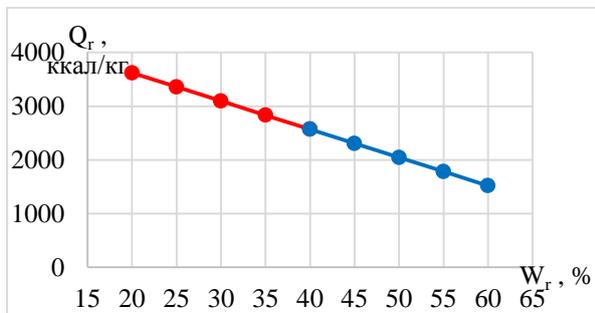


Рис. 1. Зависимость низшей теплоты сгорания от влажности бурого угля

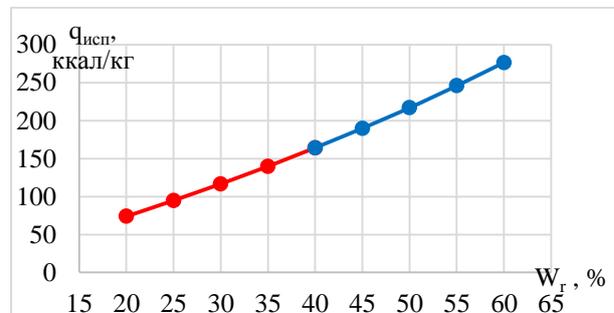


Рис. 2. Зависимость тепла, затраченного на испарение влаги от влажности бурого угля

Поскольку влажность топлива высокая, то в качестве сушильного агента принят воздух с рециркуляцией продуктов сгорания из верхней части топочной камеры и из-за золоуловителя, что позволяет поддерживать высокую температуру (350 °С) сушильного агента с обеспечением требований по взрывопожаробезопасности. Доля отбираемых дымовых газов на рециркуляцию составляет 5 %.

При влажности $W_r^r = 20 - 35\%$, низшая теплота сгорания Q_i^r имеет значения 3621,3-2532,87 ккал/кг, тепло, затраченное на испарение – 73,93-139,75 ккал/кг.

При $W_r^r = 40 - 60\%$, $Q_i^r = 2570,06 - 1518,82$ ккал / кг, $q_{исп} = 164,09 - 276,48$ ккал / кг .

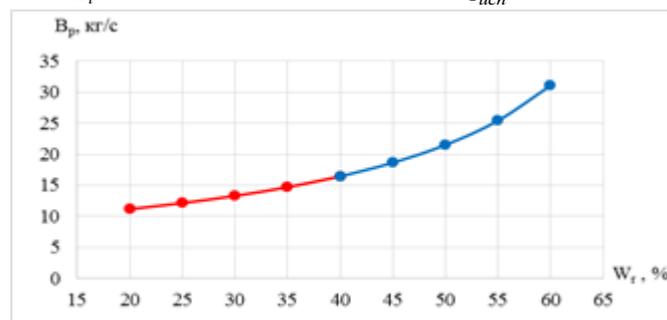


Рис. 3. Зависимость расхода топлива от влажности бурого угля

Расход топлива при $W_t^r = 20 - 35\%$ равен 11,18-14,71 кг/с и 16,45-31,08 кг/с при влажности 40-60%.

Из рисунков 1 и 2 видно, что зависимости имеют линейный характер, что свидетельствует о верности проведенных расчетных исследований. Зависимость на рисунке 3 показывает, что расход топлива резко увеличивается при значениях влажности в пределах от 45 до 60%. Соответственно оптимальная влажность таловского угля при обеспечении требований по взрывопожаробезопасности должна быть в пределах 35-45%. Исходя из практики сжигания высоковлажных и взрывоопасных углей, рекомендуется применять систему пылеприготовления по замкнутой схеме с прямым вдуванием и молотковыми мельницами или мельницами-вентиляторами, применяемых для бурых углей при сушке смесью топочных газов с горячим воздухом.

Бурый уголь Таловского месторождения может использоваться в качестве проектного топлива для энергетических котлов [7], в топочной камере которых обеспечивается стабильное воспламенение и выгорание. Для проверки возможности использования таловского угля в качестве непроектного для действующего оборудования, исследования режимов работы и получения данных, свидетельствующих о необходимости проведения реконструкции или модернизации оборудования, следует провести численные исследования в специализированных пакетах прикладных программ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Казакова О.А., Заворин А.С., Казаков А.В. Исследование Таловского месторождения Томской области : монография. – Томск: STT, 2010. -172 с.
2. Казаков А.В., Заворин А.С. Конверсия некондицируемых топлив в низкотемпературном режиме : монография. – Томск: STT, 2011. -258 с.
3. А.С. Заворин, С.К. Карякин, С.Г. Маслов и др. Теплотехнические свойства углей Таловского месторождения Томской области // Известия Томского политехнического университета. –2002. – Т. 305. – № 2. – С. 131–136.
4. Красинский Д.В., Саломатов В.В., Энхжаргал Х. Расчетный анализ параметров проектируемой кэс на буром угле шивэ-овооского месторождения монголии // VIII Всероссийская конференция с международным участием «Горение твердого топлива». – Новосибирск, 13–16 ноября 2012 г. – Т. 1 – С. 525.
5. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). – СПб.: Изд-во НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.
6. Михайлов Н.М. Вопросы сушки топлива на электростанциях – М.,Л.: Госэнергоиздат, 1957. - 152 с.
7. A. V. Gil. Application of numerical analysis for physical and chemical combustion processes in design of boiler units [Electronic resources] // Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS) : proceedings of the International Conference, Tomsk, 16-18 October, 2014 / National Research Tomsk Polytechnic University (TPU) ; Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). — [S. l.]: IEEE, 2014. — [4 p.]. — Title screen. — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса. Режим доступа: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6986880 – 05.04.15.