



Экобаллы котлов малой мощности



Юрий СИДОРОВ
Yuri P. SIDOROV

Дарья САФРОНОВА
Daria S. SAFRONOVA



*Сидоров Юрий Павлович – доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).
Сафронова Дарья Сергеевна – аспирант МИИТ.*

Теплоснабжение зданий и технологических процессов в системе железнодорожного транспорта. Проведена экологическая оценка негативного воздействия на окружающую среду процессов горения различных видов твердого топлива в котлах малой производительности.

Ключевые слова: железнодорожные предприятия, котлы малой производительности, твердое топливо, экобаллы.

На предприятиях железнодорожного транспорта при получении тепловой энергии для систем теплоснабжения зданий и технологических процессов в большинстве своем используются котельные установки с относительно небольшой производительностью. Тепловая их мощность, как правило, не превышает 6,0 ГДж/ч, что в паровом исчислении составляет около 2,5 т/ч.

В зависимости от территориального расположения котельной, а также возможностей доставки топлива для выработки тепловой энергии применяются газ, мазут или твердое топливо, в том числе торф и дрова. Сжигание твердого топлива осуществляется чаще всего словесным способом с неподвижной или цепной подвижной решеткой в топочной камере. В результате наблюдаются значительные потери тепловой энергии, а коэффициент полезного действия таких агрегатов не превышает 70–80%.

Используемый для сжигания уголь может поступать с разных месторождений и потому отличаться по своим физико-химическим характеристикам.

Таблица 1

Энергетические и экологические показатели при сжигании углей в котлах с неподвижной решеткой, приведенные к теплопроизводительности в 1 ГДж/ч

| № | Месторождение и тип топлива | Удельный расход топлива В, кг/ГДж/ч | Удельные выбросы в атмосферу, М, г/ч | | | | Масса шлака М _ш , кг/ч |
|----|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|------|-------|-----------------------------------|
| | | | NO ₂ | SO ₂ | CO | пыль | |
| 1 | Бабаевское (Б) | 154,8 | 3,924 | 835 | 2668 | 7275 | 3,561 |
| 2 | Назаровское (Б) | 115,2 | 4,284 | 1245 | 2714 | 5688 | 2,606 |
| 3 | Канское (Б) | 96,84 | 4,356 | 522 | 2664 | 6008 | 3,869 |
| 4 | Подмосковное (Б) | 137,88 | 3,355 | 4219 | 2664 | 11628 | 20,744 |
| 5 | Челябинское (Б) | 92,16 | 4,305 | 1159 | 2675 | 9288 | 13,66 |
| 6 | Донецкое (АРШ) | 56,88 | 4,147 | 1227 | 1307 | 7812 | 1,801 |
| 7 | Кемеровское (ПС) | 54,00 | 4,284 | 486 | 1292 | 6804 | 1,134 |
| 8 | Прокопьевско-Киселевское (СС) | 50,74 | 4,248 | 367 | 1304 | 4945 | 0,281 |
| 9 | Егоршинское (А) | 58,68 | 4,208 | 421 | 1300 | 10368 | 6,649 |
| 10 | Ленинское (Д) | 54,94 | 4,194 | 396 | 1304 | 7272 | 0,804 |
| 11 | Анжеро-Судженское (ПС) | 51,48 | 4,255 | 554 | 1307 | 5750 | 0,53 |
| 12 | Минусинское (Д) | 54,36 | 4,158 | 291 | 1296 | 5500 | 0,153 |
| 13 | Междуреченское (Г) | 66,96 | 3,840 | 3736 | 2700 | 6550 | 10,72 |
| 14 | Карагандинское (ПЖ) | 64,80 | 3,978 | 932 | 1991 | 9180 | 7,02 |
| 15 | Воркутинское (ПЖ) | 58,32 | 4,061 | 421 | 1994 | 6800 | 4,047 |
| 16 | Интинское (Д) | 79,20 | 3,672 | 2707 | 2675 | 7070 | 12,561 |
| 17 | Кизеловское (Д) | 69,12 | 3,816 | 5720 | 2689 | 6649 | 11,668 |
| 18 | Черемховское (Д) | 74,16 | 3,769 | 666 | 2689 | 6300 | 9,644 |
| 19 | Липовецкое (Д) | 76,32 | 3,874 | 414 | 2685 | 7272 | 13,761 |
| 20 | Сучанское (ПЖ) | 60,48 | 3,967 | 436 | 2171 | 6372 | 7,841 |

В процессе сгорания углей образуются вредные химические соединения, массовые количества которых существенно разнятся между собой и нередко негативно влияют на производственную и окружающую среду.

Естественно, с учетом этого при выборе твердого топлива как источника тепловой энергии надо оценивать не только его основные характеристики в виде удельной энергетической плотности, но и ущерб среде, наносимый за счет выбросов загрязняющих веществ с дымовыми газами в атмосферу и образования зольных остатков, которые необходимо передавать для утилизации на полигон.

В представленной работе показаны результаты расчетов негативного экологического

воздействия на окружающую среду при сжигании углей из различных месторождений в слоевых топочных камерах котлов малой теплопроизводительности. В расчетах фигурируют антрациты, каменные и бурые угли следующих месторождений: Бабаевское (Б), Назаровское (Б), Канское (Б), Подмосковное (Б), Челябинское (Б), Донецкое (АРШ), Кемеровское (ПС), Прокопьевско-Киселевское (СС), Егоршинское (А), Ленинское (Д), Анжеро-Судженское (ПС), Минусинское (Д), Междуреченское (Г), Карагандинское (ПЖ), Воркутинское (ПЖ), Интинское (Д), Кизеловское (Д), Черемховское (Д), Липовецкое (Д), Сучанское (ПЖ).

При выборе источников месторождения нами преследовалась одна цель —



Негативное воздействие на атмосферу в экобаллах в час

| № | Месторождение и тип топлива | Величины экобаллов от выброса | | | | Суммарная величина экобаллов |
|----|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------|---------|------------------------------|
| | | NO ₂ | SO ₂ | CO | пыль | |
| 1 | Бабаевское (Б) | 98 | 8350 | 2668 | 727500 | 738616 |
| 2 | Назаровское (Б) | 107 | 12450 | 2714 | 568800 | 584021 |
| 3 | Канское (Б) | 109 | 5220 | 2664 | 600800 | 608793 |
| 4 | Подмосковное (Б) | 82 | 42190 | 2664 | 1162800 | 1207736 |
| 5 | Челябинское (Б) | 108 | 11590 | 6675 | 928800 | 943173 |
| 6 | Донецкое (АРШ) | 104 | 12270 | 1307 | 781200 | 794881 |
| 7 | Кемеровское (ПС) | 107 | 4860 | 1292 | 680400 | 686659 |
| 8 | Прокопьевско-Киселевское (СС) | 106 | 3670 | 1304 | 494500 | 499580 |
| 9 | Егоршинское (А) | 105 | 4210 | 1300 | 1036800 | 1042415 |
| 10 | Ленинское (Д) | 105 | 3960 | 1304 | 727200 | 732569 |
| 11 | Анжеро-Судженское (ПС) | 106 | 5540 | 1307 | 575000 | 581953 |
| 12 | Минусинское (Д) | 104 | 2910 | 1296 | 550000 | 554310 |
| 13 | Междуреченское (Г) | 96 | 37360 | 2700 | 655000 | 695156 |
| 14 | Карагандинское (ПЖ) | 99 | 9320 | 1991 | 918000 | 929350 |
| 15 | Воркутинское (ПЖ) | 101 | 4210 | 1994 | 680000 | 686305 |
| 16 | Интинское (Д) | 92 | 27070 | 2675 | 707000 | 736837 |
| 17 | Кизеловское (Д) | 95 | 57200 | 2689 | 664900 | 724884 |
| 18 | Черемховское (Д) | 94 | 6660 | 2689 | 630000 | 639443 |
| 19 | Липовецкое (Д) | 97 | 4140 | 2685 | 727200 | 734122 |
| 20 | Сучанское (ПЖ) | 99 | 4360 | 2171 | 637200 | 643830 |

охватить широкий спектр изменения как энергетических, так и физико-химических характеристик, чтобы оценить возможные пределы экологического воздействия в момент сжигания используемых видов топлива.

Для сравнения энергетических и экологических показателей при слоевом сжигании твердого топлива в малых котлах различных типов и паропроизводительности расчеты приведены к удельным показателям в пересчете на выработку в котельной установке тепловой энергии в размере 1 ГДж/ч. Он соответствует паропроизводительности котла для использования в системе теплоснабжения в количестве 0,4 т/ч. Результаты

оценки энергетических и экологических показателей слоевых котлов с паропроизводительностью до 1 т/ч и коэффициентом полезного действия до 70% представлены в таблице 1.

Анализ данных таблицы 1 показывает, что худшим энергетическим показателям отвечают бурые угли, особенно Бабаевского и Подмосковного месторождений. Для выработки единицы тепловой энергии с их использованием требуются значительные массовые расходы, что приводит и к издержкам на транспортировку. Наименьшими удельными расходами топлива отличаются антрациты и каменные угли Воркутинского и Сучанского месторождений.

Таблица 3

Эколого-экономический ущерб окружающей среде от сжигания углей при удельной выработке тепловой энергии 1 ГДж/ч

| № | Месторождение и тип топлива | Ущерб окружающей среде от выбросов в атмосферу, руб./1 ГДж-ч | Ущерб от утилизации шлака, руб./1 ГДж-ч | Суммарный ущерб окружающей среде, руб./1 ГДж-ч |
|----|-------------------------------|--|---|--|
| 1 | Бабаевское (Б) | 0,785 | 0,885 | 1,670 |
| 2 | Назаровское (Б) | 0,6204 | 0,6473 | 1,2677 |
| 3 | Канское (Б) | 0,666 | 0,961 | 1,627 |
| 4 | Подмосковное (Б) | 1,419 | 5,160 | 6,579 |
| 5 | Челябинское (Б) | 1,006 | 3,393 | 4,399 |
| 6 | Донецкое (АРШ) | 0,860 | 0,447 | 1,307 |
| 7 | Кемеровское (ПС) | 0,7217 | 0,2816 | 1,003 |
| 8 | Прокопьевско-Киселевское (СС) | 0,6588 | 0,0698 | 0,7286 |
| 9 | Егоршинское (А) | 1,087 | 1,652 | 2,739 |
| 10 | Ленинское (Д) | 0,7661 | 0,199 | 0,966 |
| 11 | Анжеро-Судженское (ПС) | 0,6159 | 0,1316 | 0,7475 |
| 12 | Минусинское (Д) | 0,5794 | 0,038 | 0,6174 |
| 13 | Междуреченское (Г) | 0,832 | 2,662 | 3,494 |
| 14 | Карагандинское (ПЖ) | 0,983 | 1,744 | 2,727 |
| 15 | Воркутинское (ПЖ) | 0,7191 | 1,005 | 1,724 |
| 16 | Интинское (Д) | 0,845 | 3,120 | 3,935 |
| 17 | Кизеловское (Д) | 0,709 | 2,898 | 3,608 |
| 18 | Черемховское (Д) | 0,6780 | 2,3955 | 3,073 |
| 19 | Липовецкое (Д) | 0,766 | 3,407 | 4,173 |
| 20 | Сучанское (ПЖ) | 0,6758 | 1,9474 | 2,623 |

Однако по удельным выбросам загрязняющих веществ в атмосферу и объему образующихся шламов при сжигании рассмотренных топлив существуют заметные расхождения. Так, по выбросам диоксида азота их мало, а по выбросам угарного газа наблюдается увеличение объемов при использовании бурыми и каменными углями Междуреченского, Интинского, Кизеловского, Черемховского и Липовецкого месторождений.

Повышенные выбросы диоксида серы свойственны углям с большим содержанием серы. К ним относятся подмосков-

ные и челябинские бурые угли, донецкий антрацит марки АРШ и каменные угли Междуреченского, Интинского и Кизеловского месторождений. Наибольшее количество выбросов пыли зафиксировано при сжигании углей Подмосковного и Егоршинского месторождений.

Учитывая, что все перечисленные загрязняющие атмосферу вещества обладают различными величинами предельно допустимых концентраций (ПДК), а следовательно и различным уровнем негативного воздействия на атмосферу, нами была сделана попытка оценить наблюдаемые явления единым экологическим показателем. Для чего ис-





пользована система экобального учета выбросов загрязняющих веществ.

Под единичной удельной величиной экобалла принимается единичное воздействие на атмосферу при выбросе 1 г окиси углерода. Удельные величины экобаллов, соответствующие выбросам 1 г диоксида азота, диоксида серы и угольной пыли, определяются по соотношениям максимально разовых значений ПДК окиси углерода и другого загрязняющего вещества. Так, например, удельная величина экобалла при выбросе 1 г диоксида азота составляет:

$$\mathcal{E}_{NO_2}^{уд} = \mathcal{E}_{CO}^{уд} \cdot \frac{ПДК_{м.р.}^{CO}}{ПДК_{м.р.}^{NO_2}} = 1 \cdot \frac{5}{0,2} = 25.$$

Удельные величины экобаллов для диоксида серы и угольной пыли – соответственно 10 и 100.

Зная удельные величины выбросов загрязняющих веществ в течение часа при тепловой нагрузке в 1 ГДж/ч, можно определить суммарные величины экобаллов за счет выбросов в атмосферу при сжигании различных видов топлива:

$$\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_i^{уд} \cdot M_i$$

Результаты расчетов по оценке негативного воздействия на атмосферу за счет выбросов загрязняющих веществ при сжигании различных видов топлива и с учетом выработки в котлах единицы тепловой энергии (1 ГДж/ч) представлены в таблице 2.

В соответствии с оценкой негативного воздействия на атмосферу при сжигании топлив по системе экобаллов к наихудшим с точки зрения экологии следует отнести угли Подмосковского, Челябинского, Егоршинского и Карагандинского месторождений. Наилучшие экологические

показатели наблюдаются при использовании углей Назаровского, Миусского и Анжеро-Судженского месторождений.

Дополнительное негативное воздействие на окружающую среду оказывает и шлак, образующийся при сжигании углей. Раньше его вредные последствия определить в экобальной системе не представлялось возможным. Сейчас нами проведены экологическая и экономическая оценки, причем учтены нормативы платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и утилизацию угольного шлака на полигоны. Результаты эколого-экономического ущерба при эксплуатации различных видов топлива представлены в таблице 3.

Анализ данных таблицы 3 свидетельствует, что наибольшие платежи приносит утилизация шлаков. Однако следует учесть, что платежи за выбросы в атмосферу приняты без учета повышения коэффициентов, иначе для отдельных регионов ущерб может увеличиваться как минимум в два раза. И это неизбежно повлияет на рейтинг выбора топлива, стоимость его станет сопоставима со стоимостью экологических платежей, а сама ситуация в конце концов потребует от предприятия строительства газоочистных установок, которые пока есть лишь в отдельных котельных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидоров Ю. П., Гаранина Т. В. Удельная экоплотность загрязнения//Мир транспорта. – 2010. – № 3.
2. Сидоров Ю. П., Гаранина Т. В. Оценка степени негативного воздействия локомотивного депо на атмосферу//Мир транспорта. – 2011. – № 1.
3. Нормативы платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы в водные объекты и за размещение отходов производства. Постановление правительства РФ от 01.07.2005, № 410. ●

ECOLOGICAL RATES OF LOW POWER CALDRONS

Sidorov, Yuri P. – D.Sc. (Tech), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).
Safronova, Daria S. – Ph. D. student of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

The authors deal with the problem of heat supply for the buildings and technical operations at the railways. They have held an ecological assessment of negative impact of combustion of different kinds of solid fuels in low efficient caldrons.

Key words: railway entities, low efficient caldrons, solid fuel, ecological rates.

Координаты авторов (contact information): Сидоров Ю. П. – 8-499-973-09-75, Сафронова Д. С. – daria_saffron@mail.ru.