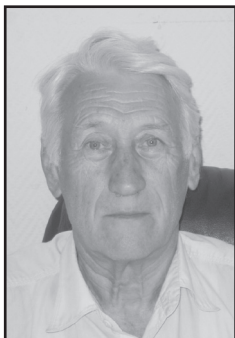




Воздействие на атмосферу при сжигании угля в слоевых котлах



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.*

Дается оценка негативного воздействия на атмосферу при сжигании твердых топлив за счет выброса пыли и оксидов азота, серы и углерода. Приведены расчеты по 19 видам каменного, бурого угля и антрацита различных месторождений на территории России. При их использовании в слоевых котлах марки КЕ с производительностью от 2,5 до 25 тонн пара в час. Для удобства сравнения показателей выброса загрязняющих веществ в атмосферу применяется понятие экобалльной оценки, которая учитывает экономические и экологические аспекты наносимого ущерба, а также определенные условия производства тепловой энергии на предприятиях, обслуживающих потребности железных дорог.

Ключевые слова: предприятия железнодорожного транспорта, теплоснабжение, котлы отопления, твердое топливо, удельный расход топлива, выбросы в атмосферу, экологические баллы.

В железнодорожной отрасли для целей теплоснабжения предприятий и жилых районов, а также получения производственного пара широко используется твердое топливо. Производство тепловой энергии при этом осуществляется в котлах небольшой мощности, к которым можно отнести слоевые котлы типа КЕ с паропроизводительностью от 2,5 до 25 тонн в час и котлы типа ДКВР примерно той же производительности. Как правило, подобные агрегаты обладают достаточно низкой эффективностью по выработке тепловой энергии и одновременно повышенным негативным воздействием на атмосферу за счет выбросов с дымовыми газами загрязняющих веществ, образующихся при сгорании топлива.

Следует отметить, что эффективность работы котла по производству тепловой энергии и их негативное воздействие на атмосферу в значительной степени зависят от типа используемого твердого топлива, то есть от его месторождения. При экономической оценке себестоимости тепловой энергии в процессе сжигания топлива учитываются как капитальные затраты

на установку котлов и инфраструктуру производства, так и эксплуатационные затраты на стоимость топлива и обслуживание процесса его горения в топочных камерах. В то же время в себестоимость производства энергии в большинстве своем не входит стоимость того экологического ущерба, который наносится окружающей среде выбросами в атмосферу загрязняющих веществ.

Очевидно, что величина экологического ущерба в первую очередь связана с физико-химическими свойствами сжигаемого топлива, а также эффективностью самого процесса сжигания.

В ходе нашего исследования была проведена оценка величины негативного воздействия на атмосферу за счет выбросов пыли (золы) и оксидов азота, серы и углерода с дымовыми газами. Расчеты сделаны для 19 видов твердого топлива различных месторождений на территории России, отличающихся по своим физико-химическим и энергетическим характеристикам. Что касается оценки влияния последствий сжигания угля в котлах малой мощности, то расчетные операции относились к котлам КЕ с производительностью от 2,5 до 25 тонн в час и соответственно с эффективностью производства тепловой энергии от 80 до 88%. Для возможности сопоставления полученных результатов друг с другом во внимание принимались как затраты топлива, так и объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, причем расчеты были приведены к единой величине теплопроизводительности, равной 1 ГДж в час.

При оценке фигурировали твердые топлива (каменные, бурые угли и антрацит) следующих месторождений: Бабаевского, Назаровского, Каннского, Подмосковного, Челябинского, Донецкого, Кемеровского, Прокопьевско-Киселевского, Егоршинского, Ленинского, Анжеро-Судженского, Минусинского, Воркутинского, Интинского, Кизеловского, Черемховского, Липовецкого и Сучанского.

Удельные расходы топлива при производстве тепловой энергии в 1 ГДж в час в зависимости от вида сжигаемого топлива находятся в пределах 40–130 кг/ГДж·ч. По данным расчетов к наихудшему виду топлива согласно величине удельного рас-

хода относится бурый уголь Бабаевского месторождения, а к лучшему — антрацит Прокопьевско-Киселевского месторождения.

Анализ расчетов по определению величин удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу показал следующие результаты. Удельный выброс диоксида азота при сжигании твердого топлива различных месторождений колеблется в пределах от 2,87 до 3,74 грамма в час; диоксида серы — от 252 до 4896 граммов в час; угарного газа — от 1152 до 1656 граммов в час, а выброс золы — от 3672 до 9432 граммов в час.

При увеличении коэффициента полезного действия котлоагрегата на 7÷8% наблюдается снижение величины удельного выброса по всем загрязняющим атмосферу веществам на 8÷15%. Наиболее заметное снижение зафиксировано при выбросе пыли. Как свидетельствует уровень удельных выбросов, их величины в основном зависят от типа и месторождения твердого топлива. Причем по отдельным видам топлив при существенном сокращении одной из компонент возможно увеличение выброса по другой компоненте. Поэтому однозначно сказать о качестве топлива можно только по величине теплоты сгорания того или иного вида топлива.

Для оценки рассмотренных видов твердого топлива с экологической точки зрения, то есть величины их негативного воздействия на атмосферу при выбросе дымовых газов, нами предпринята попытка привести все компоненты выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ к одному показателю.

Ради удобства сравнения негативного воздействия выбросов загрязняющих веществ на атмосферу был использован метод экологической балльной оценки. Под единичной величиной экобалла понимается негативное воздействие на атмосферу от выброса 1 грамма оксида углерода. Суммарная величина воздействия М граммов оксида углерода определяется формулой

$$\Xi_{CO}^{\Sigma} = \Xi_{CO}^{\text{уд}} \times M_{CO}.$$

Так как остальные загрязняющие вещества имеют различные значения ПДК, отличающиеся от ПДК оксида углерода, то для определения удельной величины экобалла от выбросов 1 грамма пыли, ок-





сидов азота и серы были использованы следующие соотношения:

$$\mathcal{E}_{\text{пыль}}^{\text{уд}} = \mathcal{E}_{\text{CO}}^{\text{уд}} \times (\text{ПДК}_{\text{CO}} / \text{ПДК}_{\text{пыль}});$$

$$\mathcal{E}_{\text{SO}_2}^{\text{уд}} = \mathcal{E}_{\text{CO}}^{\text{уд}} \times (\text{ПДК}_{\text{CO}} / \text{ПДК}_{\text{SO}_2});$$

$$\mathcal{E}_{\text{NO}_2}^{\text{уд}} = \mathcal{E}_{\text{CO}}^{\text{уд}} \times (\text{ПДК}_{\text{CO}} / \text{ПДК}_{\text{NO}_2}).$$

С учетом нормативных значений ПДК получаем:

$$\mathcal{E}_{\text{пыль}}^{\text{уд}} = 100; \mathcal{E}_{\text{SO}_2}^{\text{уд}} = 10; \mathcal{E}_{\text{NO}_2}^{\text{уд}} = 25.$$

Общая величина негативного воздействия на атмосферу от выбросов всех указанных загрязняющих веществ при теплопроизводительности котлов 1 ГДж/ч находится посредством

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = \mathcal{E}_{\text{CO}}^{\text{уд}} \times M_{\text{CO}} + \mathcal{E}_{\text{пыль}}^{\text{уд}} \times M_{\text{пыль}} + \mathcal{E}_{\text{NO}_2}^{\text{уд}} \times M_{\text{NO}_2} + \mathcal{E}_{\text{SO}_2}^{\text{уд}} \times M_{\text{SO}_2},$$

где M_{CO} , $M_{\text{пыль}}$, M_{SO_2} , M_{NO_2} — массовые выбросы загрязняющих веществ с дымовыми газами в атмосферу при производстве тепловой энергии 1 ГДж.

В результате проведенных расчетов суммарная величина негативного воздействия в экобаллах при использовании твердых топлив находилась в пределах от 371500 до 980500 экобаллов.

Минимальная величина негативного воздействия от выбросов загрязняющих веществ в атмосферу обеспечивается при использовании в качестве топлива антрацита Прокопьевско-Киселевского месторождения, а максимальная — при сжигании в котлах бурого угля Подмосковского месторождения.

Стоит заметить, что несмотря на значительные расхождения по величинам выбросов отдельных загрязняющих веществ для различных видов твердого топлива их суммарный негативный эффект в большинстве своем находится в пределах 450000 ÷ 550000 экобаллов.

Таким образом, использование системы экобаллов для оценки негативного воздействия на атмосферу от выбросов дымовых газов при сгорании в котлах твердого топлива позволило дифференцировать используемые на предприятиях железнодорожного транспорта твердые топлива с точки зрения их экологической чистоты.

Поскольку учет загрязнения атмосферы дымовыми газами осуществляется на предприятиях в виде экологического ущерба окружающей среде в денежном исчислении, была проведена оценка сум-

марных выбросов в рублях. В основу оценки положены нормативные платы за выбросы в атмосферу от стационарных источников, введенные в действие с 20 июля 2005 года постановлением правительства РФ № 410.

При экономической оценке экологического ущерба от выбросов в атмосферу были приняты следующие условия:

- масса выбросов каждого из загрязняющих веществ учитывалась при теплопроизводительности котла 1 ГДж/ч;

- величина оплаты за выбросы загрязняющих веществ определялась по нормативным документам без учета повышающих коэффициентов, зависящих от места расположения источника загрязнения.

В ходе проведенной экономической оценки экологического ущерба окружающей среде от работы котлов на твердом топливе различных месторождений были получены следующие результаты.

При условии выработки тепловой энергии в котле в количестве 1 ГДж за час с дымовыми газами в атмосферу поступают загрязняющие вещества:

$$M_{\text{NO}_2} = 1,152 \div 3,74 \times 10^{-6} \text{ т/ч};$$

$$M_{\text{SO}_2} = 226,8 \div 4896 \times 10^{-6} \text{ т/ч};$$

$$M_{\text{пыль}} = 2801 \div 9432 \times 10^{-6} \text{ т/ч};$$

$$M_{\text{CO}} = 1080 \div 1202 \times 10^{-6} \text{ т/ч}.$$

Величина экономического ущерба в рублях в зависимости от видов сгораемого топлива находится в пределах:

$$\text{для NO}_2 - 578,1 \div 1876,7 \times 10^{-6} \text{ руб./ч};$$

$$\text{для SO}_2 - 17509 \div 377971,2 \times 10^{-6} \text{ руб./ч};$$

$$\text{для пыли} - 370306,2 \div 1246957,6 \times 10^{-6} \text{ руб./ч};$$

$$\text{для CO} - 6253,2 \div 6959,6 \times 10^{-6} \text{ руб./ч}.$$

Анализ полученных результатов показывает, что наибольшее негативное воздействие на атмосферу оказывают топлива месторождений Подмосковное, Челябинское, Карагандинское и Егоршинское. Их негатив выше в 2,5–3 раза по сравнению с лучшими видами топлив Прокопьевско-Киселевского, Назаровского, Минусинского и Сучанского месторождений. Поэтому при выборе энергоносителя для котельных предприятий железнодорожного транспорта необходимо учитывать величину негативного воздействия на атмосферу, и в случае ожидаемого отрицательного



эффекта при использовании худших топлив заранее предусматривать обязательную синхронную очистку дымовых газов от пыли и газообразных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидоров Ю. П., Гаранина Т. В. Удельная экологическая плотность загрязнения // Мир транспорта. – 2010. – № 3. – С.66–69.

2. Сидоров Ю. П., Гаранина Т. В. Удельная экологическая плотность // Мир транспорта. – 2011. – № 1. – С.121–123.

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.

4. Сидоров Ю. П., Сафронова Д. С. Экобаллы котлов малой мощности // Мир транспорта. – 2012. – № 6. – С.164–168.

EFFECTS FOR ATMOSPHERE OF COAL FIRING IN LAYERWISE BOILERS

Sidorov, Yuri P. – D. Sc. (Tech), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

Safronova, Daria S. – Ph.D. student of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT), Moscow, Russia.

The article gives an assessment of negative effects for the atmosphere of solid fuels due to atmospheric emission of nitric oxide, sulfur oxide, carbon monoxide. The study is based on calculations for 19 grades of coal, lignite (brown coal), anthracite used in KE-type multilayer boilers with 2,5 to 25 ton/hour steam

output. In order to facilitate comparison of emissions of polluting substance into atmosphere the notion of «eco-rates» assessment is used, which considers economic and ecological aspects of prejudice, and the detailed conditions of heat power production at the enterprises that provide services to railways.

Key words: railway enterprises, heat supply, boilers, solid fuel, coal, specific fuel consumption, atmospheric emission, ecological rates.

REFERENCES

1. Sidorov, Yuri P., Garanina Tatiana V. Specific Ecological Density of Pollution. *Mir Transporta (World of Transport and Transportation) Journal*, Iss. 3, Vol. 31, 2010, pp.66–69.

2. Sidorov, Yuri P., Garanina Tatiana V. Specific Ecological Density. *Mir Transporta (World of Transport and Transportation) Journal*, Iss. 1, Vol. 34, 2011, pp.120–123.

3. Standard rates for polluting substances emission into atmosphere, water disposal and production residues disposal. Regulation of the Government of Russian Federation of 01.07.2005, № 410.

4. Sidorov, Yuri P., Safronova Daria S. Ecological Rates of Low Power Caldrons. *Mir Transporta (World of Transport and Transportation) Journal*, Iss. 6 Vol. 44, 2012, pp. 164–168.

Координаты авторов (contact information): Сидоров Ю. П. (Sidorov Yu.P.) – 8- (495) –684–2887, Сафронова Д. С. (Safronova D. S.) – daria_saffron@mail.ru
Статья поступила в редакцию / received 03.12.2012
Принята к публикации / accepted 08.04.2013

