

УДК 504.064.2:658.26

Ю.Ю. СПЕРАНСКАЯ, преподаватель

Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности (СНУЯЭиП), г. Севастополь

В.В. МАКАРОВ, канд. техн. наук, доцент

Севастопольский национальный технический университет (СНТУ), г. Севастополь

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ РЕГИОНОВ УКРАИНЫ

Рассмотрены вопросы обеспечения экологической безопасности при теплоснабжении сельских регионов Украины. Выполнена экологическая оценка выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных агрегатов малой мощности, которые используются для теплоснабжения сельских населенных пунктов. Предложено устанавливать лимиты на выбросы загрязняющих веществ для децентрализованных систем теплоснабжения.

Ключевые слова: экологическая безопасность, выбросы загрязняющих веществ, децентрализованная система теплоснабжения.

Одним из главных источников загрязнения воздушной среды в Украине является теплоэнергетика. Законом Украины «О теплоснабжении» определено, что одними из главных принципов государственной политики в сфере теплоснабжения являются повышение экологической безопасности систем теплоснабжения, создание условий для внедрения энергосберегающих технологий, уменьшение вредного воздействия на окружающую природную среду.

В сельских регионах Украины эти задачи решаются далеко не в полной мере, что связано с особенностями застройки жилой зоны, отсутствием автоматизации систем отопления и горячего водоснабжения, большими объемами тепловых потерь в сетях (до 30 %) и др.

Теплоснабжение сельских населенных пунктов осуществляется как централизованным, так и децентрализованным способом. Как правило, для централизованного теплоснабжения применяются котельные агрегаты мощностью 1–2 МВт, введенные в эксплуатацию десятилетия назад и не отвечающие современным требованиям экологической безопасности.

Согласно действующему законодательству Украины для систем централизованного теплоснабжения устанавливаются лимиты на выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, определяемые на основе инвентаризации источников выбросов. В то же время для децентрализованных систем теплоснабжения индивидуальных домов, в которых используются энергетические котлы мощностью до 20 кВт или печное отопление, такие лимиты не устанавливаются. Общая мощность таких установок индивидуального отопления превышает 50 тыс. МВт и составляет 25 % мощности систем централизованного теплоснабжения сельских регионов.

По данным Госкомстата Украины на 01.01.2011 г., 14 056 населенных пунктов в сельских регионах отапливаются природным газом, остальные 15 233 – углем или мазутом. Анализ котельных установок малой мощности (до 2 МВт) показал, что применяемые агрегаты не оснащены системами очистки пылегазовых выбросов. Как правило, такие котельные обслуживаются вручную, на простых колосниковых решетках сжигается несортный уголь, не происходит полного сгорания топлива, что приводит к снижению КПД котлов и, как следствие, к перерасходу топлива и значительному загрязнению воздушной среды.

В котельных, работающих на жидком топливе, используются низкосортные мазуты марки 100 и 200, которые имеют низкую температуру застывания, – для поддержания их в необходимом состоянии в зимних условиях требуется значительный (до 30 %) расход производимого котельными тепла. Это влечет за собой снижение КПД котельной системы и приводит к увеличению расхода сжигаемого мазута и загрязнению воздуха.

Застройка населенных пунктов в Украине в большинстве случаев проводилась без учета экологических условий территории, без соблюдения требований по охране, рациональному использованию и экологической безопасности атмосферного воздуха.

Необходимо отметить, что в сельских населенных пунктах удельные расходы тепла выше, чем в городах: удельные расходы горячей воды больше норм, рекомендуемых СНиП 2.04.01-85, суммарные расходы тепловой энергии на одного жителя в сельских населенных пунктах больше в 1,5–2 раза [1].

По оценкам авторов, количество топлива, потребляемого в сельских регионах Украины в течение года, со-



ставляет около 30 млн т у.т. В Украине насчитывается более 2 млн топливосжигающих установок, часть из них – маломощные котлы с тепловой производительностью менее 0,1 МВт, а также индивидуальные отопительные печи (около 2 млн единиц) – общая установленная мощность составляет 50 тыс. МВт. Более чем 200 тыс. котельных агрегатов мощностью от 0,1 до 2 МВт входят в состав централизованных котельных (коэффициент использования – 40 %) [2].

Таким образом, уменьшение выбросов в атмосферу при сжигании топлив в сельских регионах является составной частью экологической безопасности Украины.

Авторы данной работы ставили задачу оценить удельные и валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу котельными агрегатами, используемыми для теплоснабжения в сельских регионах Украины, и рассчитать индекс максимального загрязнения атмосферы – оценка выбросов велась в соответствии с методикой [3].

Удельный выброс загрязняющих веществ (кг) на 1 т сжигаемого топлива котельными агрегатами определяется по уравнению

$$E_i = 10^{-3} \cdot k_j \cdot Q_i^r, \quad (1)$$

где k_j – показатель эмиссии j -того загрязняющего вещества для i -того топлива, г/ГДж – принимается по приложениям [3];

Q_i^r – нижняя рабочая теплота сгорания i -того топлива, МДж/кг.

Удельный выброс загрязняющих веществ (кг) на 1 ГДж производимой теплоты котельным агрегатом

$$E_Q = 10^{-3} \cdot \frac{k_j}{\eta}, \quad (2)$$

где η_i – КПД котельного агрегата на сжигаемом i -том топливе.

Для котельных агрегатов, работающих на угле, принимаем КПД $\eta_v=0,65$; на мазуте – $\eta_m=0,78$; на газе – $\eta_r=0,9$.

Состав и характеристики углей различных марок, применяемых в теплоснабжении сельских регионов Украины, представлены в табл. 1 и 2 [4].

Показатели высокосернистого мазута марок 100 и 200 принимаются согласно [4].

Расчет нижнего значения теплоты сгорания (МДж/кг) для углей и мазутов определяется по [4]

$$Q_m^r = Q_i^{daf} \frac{100 - A^r - W^r}{100} - 0,025W^r. \quad (3)$$

Объемный состав сухой массы природного газа, %: метан (CH_4) – 98,9; этан (C_2H_6) – 0,12; пропан (C_3H_8) – 0,01; бутан – 0,01; углекислый газ (CO_2) – 0,06; азот (N_2) – 0,90.

В расчетах удельных выбросов использованы следующие показатели эмиссии: для углей – антрацитовый штыб АШ; для мазутов – высокосернистый мазут марки 100; для природного газа – газ из газопровода Уренгой–Ужгород, учитывалось также, что котельные агрегаты не имеют систем очистки от выбросов загрязняющих веществ (данные представлены в табл. 3, 4 и 5).

Для снижения удельных выбросов загрязняющих веществ необходимо снизить значения коэффициента эмиссии и повысить КПД котельных агрегатов, находящихся в эксплуатации.

Для оценки годовых валовых выбросов загрязняющих веществ принято, что населенными пунктами в сельских регионах Украины ежегодно потребляется около 30 млн т условного топлива. Из анализа использования различных видов топлива следует, что потребление угля, природного газа и мазута соотносится как 1 : 0,5 : 0,2.

Таблица 1 – Элементный состав угля (индекс daf – массовое содержание элемента на горючую массу)

Уголь	C ^{daf} , %	H ^{daf} , %	S ^{daf} , %	O ^{daf} , %	N ^{daf} , %	V ^{daf} , %	Q ^{daf} , МДж/кг
Антрацитовый штыб АШ	93,5	1,8	2,4	1,5	0,8	4,0	33,24
Тощий уголь ТР	89,0	4,2	3,3	2,1	1,5	12,0	34,29
Донецкий газовый ГР	81,0	5,4	4,4	7,7	1,5	40,0	31,98
Донецкий длиннопламенный ДР	75,5	5,5	4,3	13,1	1,6	43,0	30,56
Львовско-волинский ГР	79,5	5,2	3,7	10,3	1,3	39,0	31,69

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов C_{tm} в энергетическом угле, мг/кг

Уголь	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
Антрацитовый штыб АШ	20	0	47	29	0,28	26	20	0	40
Тощий уголь ТР	20	0	47	29	0,20	26	18	0	40
Донецкий газовый ГР	20	0	47	29	0,14	26	14	0	40
Донецкий длиннопламенный ДР	20	0	47	29	0,16	26	16	0	40
Львовско-волинский ГР	20	0	47	29	0,16	26	16	0	40

Таблица 3 – Показатели эмиссии и удельных выбросов загрязняющих веществ при сжигании угля для котельных агрегатов индивидуального пользования

Загрязняющие вещества	NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	Тверд. в-ва	Тяжелые металлы						
								Hg	As	Pb	Cr	Ni	Cu	Zn
Показатель эмиссии, г/ГДж	408	20274,45	121	93409	1,4	1,0	138,937	0,004	0,075	0,058	0,027	0,043	0,044	174
Выброс на 1 т сжигаемого топлива, кг/т	9,217	458	2,733	211 · 10 ³	0,032	0,023	3,139	9,036 · 10 ⁻⁵	1,694 · 10 ⁻³	1,31 · 10 ⁻³	6,099 · 10 ⁻⁴	9,714 · 10 ⁻⁴	9,94 · 10 ⁻⁴	3,931
Выброс на 1 ГДж, кг/ГДж	0,014	0,705	4,205 · 10 ⁻³	3,246 · 10 ⁻³	4,923 · 10 ⁻⁵	3,538 · 10 ⁻⁵	4,829 · 10 ⁻³	1,39 · 10 ⁻⁷	2,606 · 10 ⁻⁶	2,015 · 10 ⁻⁶	9,383 · 10 ⁻⁷	1,494 · 10 ⁻⁶	1,529 · 10 ⁻⁶	6,048 · 10 ⁻³

Таблица 4 – Показатели эмиссии и удельных выбросов загрязняющих веществ при сжигании мазута для централизованных котельных

Загрязняющие вещества	NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	CH ₄	Тверд. в-ва	V	N ₂ O	V ₂ O ₅
Показатель эмиссии, г/ГДж	90,8	1176	42,1	76918	3,0	0,57	0,19	0,6	0,95
Выброс на 1 т сжигаемого топлива, кг/т	3,585	46,428	1,662	3,037 · 10 ³	0,118	0,023	7,501 · 10 ⁻³	0,024	0,038
Выброс на 1 ГДж, кг/ГДж	4,596	59,524	2,131	3,893 · 10 ³	0,152	0,029	9,617 · 10 ⁻³	0,03	0,048

Таблица 5 – Показатели эмиссии и удельных выбросов загрязняющих веществ при сжигании газа для централизованных котельных

Загрязняющие вещества	NO _x	CO	CO ₂	N ₂ O	Hg	CH ₄
Показатель эмиссии, г/ГДж	150,0	48,0	58716	0,28	0,00028	1,0
Выброс на 1 т сжигаемого топлива, кг/т	6,862	2,196	2,686 · 10 ³	0,013	1,281 · 10 ⁻⁵	0,046
Выброс на 1 ГДж, кг/ГДж	0,167	0,053	65,24	3,111 · 10 ⁻⁴	3,111 · 10 ⁻⁷	1,111 · 10 ⁻³

Таким образом, потребление топлива сельскими населенными пунктами Украины в течение года составляет: угля – 17,6 млн т у.т., природного газа – 8,8 млн т у.т., нефтепродуктов (мазута) – 3,6 млн т у.т.

Годовые валовые выбросы j-того вещества по видам топлива

$$V_j = 10^{-3} \cdot V_i \cdot E_j, \quad (4)$$

где V_i – количество потребляемого i-того топлива в год, т;

E_j – удельный выброс j-того вещества на 1 т сжигаемого топлива, кг/т.

Обобщенные валовые выбросы загрязняющих веществ при сжигании всех видов топлива представлены в табл. 6а и 6б.

Принимая во внимание, что, в соответствии с Киотским протоколом, к вредным выбросам относятся парниковые газы CO₂ и CH₄, рассчитаны их валовые выбросы от различных видов сжигаемого топлива (рис. 1, 2).

Таблица 6а – Годовые валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу котельными агрегатами, используемыми для теплоснабжения сельских населенных пунктов Украины, тыс. т

Вид топлива	NO _x	SO ₂	CO	N ₂ O	Твердые в-ва
Уголь	1,622 · 10 ⁵	8,061 · 10 ³	4,81 · 10 ⁴	563,2	5,525 · 10 ⁴
Мазут	1,291 · 10 ⁴	1,671 · 10 ⁶	5,983 · 10 ³	86,4	82,8
Газ	6,039 · 10 ⁴	–	1,932 · 10 ⁴	114,4	–

Таблица 6б – Годовые валовые выбросы металлов в атмосферу котельными агрегатами, используемыми для теплоснабжения сельских населенных пунктов Украины, тыс. т

Вид топлива	Hg	As	Pb	Cr	Ni	Cu	Zn	V	V ₂ O ₅
Уголь	1,59	29,814	23,056	10,734	17,097	17,494	6,919 · 10 ⁴	–	–
Мазут	–	–	–	–	–	–	–	27,004	136,8

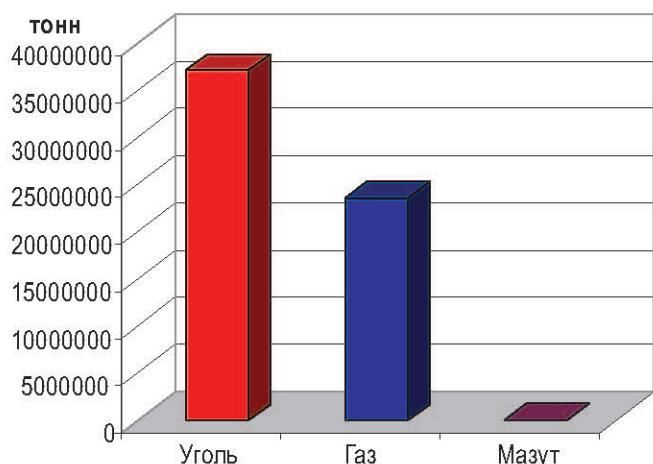


Рисунок 1 – Гистограмма валовых выбросов CO₂ при сжигании угля, мазута и природного газа при теплоснабжении сельских населенных пунктов Украины

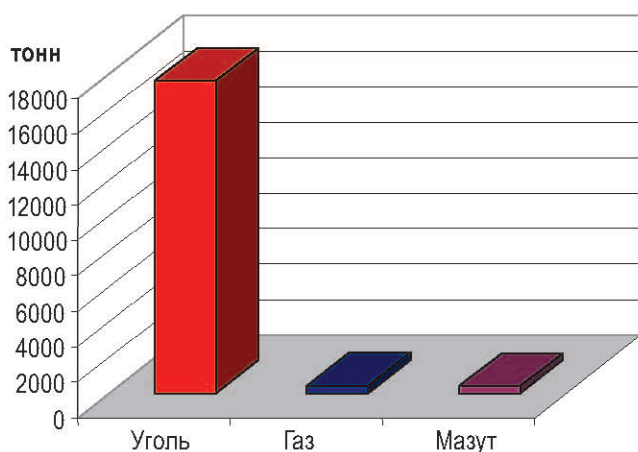


Рисунок 2 – Гистограмма валовых выбросов CH₄ при сжигании угля, мазута и природного газа при теплоснабжении сельских населенных пунктов Украины

Для интегральной оценки состояния воздушного бассейна в сельских населенных пунктах Украины использован индекс суммарного загрязнения атмосферы от условного одиночного источника (J_m)

$$J_m = \sum_{i=1}^m (\sum \bar{C}_i \cdot A_i)^{k_i} \quad (5)$$

где $\sum \bar{C}_i$ – средняя за год концентрация в воздухе j-того вещества при сжигании топлива;

A_j – коэффициент опасности j-того вещества, обратный ПДК этого вещества: $A_j = 1/\text{ПДК}_j$;

Таблица 7 – Вещества, которые использованы в расчетах индекса суммарного загрязнения атмосферы в сельских населенных пунктах Украины

Вещество	Класс опасности	ПДК _{с.с.} , мг/м ³	$A_j = 1/\text{ПДК}_j$	\bar{C}_j , мг/м ³	\bar{C}_j^m , мг/м ³	$\sum \bar{C}_i$
Летучая зола	2	0,02	50	0,003715	0,0000056	0,003
Диоксид серы, SO ₂	2	0,05	20	0,274	0,0056	0,279
Диоксид азота, NO _x	2	0,04	25	0,00552	0,000438	0,005

k_j – коэффициент, зависящий от класса опасности веществ: $k_j = 1,5; 1,3; 1,0$ и $0,85$ соответственно для 1, 2, 3 и 4-го классов опасности;

m – количество загрязняющих веществ, принимаемых в расчете (обычно не более пяти). В данном случае $m=3$ (твердые частицы, SO₂ и NO_x).

Среднюю за год концентрацию j-того вещества в воздушном бассейне сел будем рассчитывать следующим образом. Известно, что максимальные объемы выбросов производятся в период отопительного сезона. Исходя из этого, приведем распределенные источники, потребляющие уголь и мазут, к одному источнику выброса с усредненной высотой $H_{cp} = 35 D$ м, где $D = 0,5$ м. Аналогично – и для газифицированного поселка.

Для условного одиночного источника средняя за год концентрация j-того вещества определяется по уравнению

$$c_j = 4,531 \cdot 10^{-2} \cdot M_j \cdot F, \quad (6)$$

где $M_j = 0,75 \cdot 10^{-6} \cdot V_j$, г/с;

$F=2$ – для летучей золы и сажи; $F=1$ – для остальных веществ.

В табл. 7 представлены вещества, которые использованы в расчетах индекса суммарного загрязнения атмосферы, их классы опасности, ПДК и рассчитанные средние за год концентрации в воздухе.

Рассчитанный суммарный индекс загрязнения атмосферы в сельских населенных пунктах Украины от одиночных источников составляет $J_m = 9,108$, что соответствует загрязненной атмосфере (основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят летучая зола и диоксид серы). Такой уровень загрязнения не гарантирует безопасность воздушной среды для жизни и здоровья людей.

ВЫВОДЫ

В настоящее время в статистических отчетах по форме «2ТП-воздух» представлены уровни концентрации загрязняющих веществ от централизованных источников теплоснабжения без учета индивидуальных источников.

Полученный индекс суммарного загрязнения атмосферы свидетельствует о существенном влиянии

на загрязнение воздушной среды одиночных источников малой производительности, которых на территории Украины насчитывается более 4 млн единиц, сосредоточенных в основном в сельских регионах.

Результаты выполненных исследований показывают, что необходимо:

- устанавливать лимиты выбросов на индивидуальные котельные агрегаты при их проектировании и производстве;
- определять ПДВ применительно к источнику выброса котельного агрегата, поскольку каждый агрегат должен иметь индивидуальные геометрические параметры источника выброса, при которых приземная концентрация загрязняющих веществ будет ниже ПДК.

Обеспечение экологической безопасности при теплоснабжении в сельских регионах Украины требует осуществления мероприятий по защите воздушного бассейна и ограничения выбросов вредных веществ не только посредством модернизации котельных агрегатов с применением систем газоочистки, но и за счет максимального использования возобновляемых и нетрадиционных источников энергии. Украина обладает существенным солнечным энергетическим потенциалом, который необходимо использовать, в первую очередь, для теплоснабжения индивидуальных домов, что позволит достигнуть

устойчивого эколого-экономического состояния сельских регионов Украины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Березин, А.Е.** Хроническая обструктивная болезнь легких и сердечно-сосудистый риск / А.Е. Березин // Украинский медицинский журнал. – 2009. – № 2 (70) III-IV. – С. 62–68.
2. Закон Украины № 964-IV. Об основах национальной безопасности Украины. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/t030964.html.
3. **Братенков, В.Н.** Теплоснабжение малых населенных пунктов / В.Н. Братенков и др. – М. : Стройиздат, 1988. – 223 с.
4. **Шурчков, А.В.** Развитие децентрализованного энергопостачання на основі нетрадиційних місцевих енергоресурсів / А.В. Шурчков, Г.М. Забарний та ін. – К. : Інститут технічної теплофізики НАН України, 2001. – 150 с.
5. Викиди забруднювальних речовин в атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. – К. : КВІЦ, 2002. – 43 с.
6. Энергетическое топливо СССР : справ. / В.С. Вдовченко и др. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 184 с.

Поступила в редакцию 29.04.2011

Розглянуто питання про стан екологічної безпеки при теплопостачанні сільських регіонів України. Виконано екологічну оцінку викидів забруднюючих речовин в атмосферу від котельних агрегатів малої потужності, які використовуються для теплопостачання сільських населених пунктів. Запропоновано встановлення лімітів на викиди забруднюючих речовин для децентралізованих систем теплопостачання.

State of environmental safety in Ukrainian rural regions at their heat supply is considered. Environmental assessment of emissions into the atmosphere from low-power boiler units used for heating rural settlements is performed. At the same time revealed the need for setting limits of air pollutants for decentralized heat supply systems of private houses that will lead to the need of introducing solar heating systems.