

УДК 504.064.38: 621

**ОБ УМЕНЬШЕНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ  
ОТОПИТЕЛЬНЫМИ КОТЕЛЬНЫМИ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ**

**Воинов А.П.**, д.т.н., профессор,  
ORCID: 0000-0001-7548-4212

**Элькин Ю.Г.**, к.т.н., доцент,  
*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*  
yrik29@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7677-377X

**Аннотация.** Рассмотрена проблема взаимодействия мирового производства с окружающей природной средой. Особо отмечено вредное воздействие энергетики на объекты живой и неживой природы. Указано на наиболее интенсивное негативное влияние котельных установок, в том числе отопительных на твердом топливе, действующих в системах теплоснабжения. Обосновано предстоящее изменение структуры топливного баланса энергетики Украины, существенное увеличение в ней доли твердого топлива. Рассмотрено вредное воздействие выброса продуктов сгорания, особенно летучей золы, на природную среду. Указаны пути улавливания летучей золы из потока уходящих газов с помощью золоуловителей.

**Ключевые слова:** отопительная котельная, загрязнение атмосферы, твердое топливо, зола, золоулавливание.

**Введение.** В современном мировом производстве среди его отраслей энергетика занимает ведущее положение. Ее значительную часть составляют энергетические установки на органическом топливе. В Украине энергетика на органическом топливе (твердом, жидком, газообразном) вырабатывает около половины энергии, производимой тепловыми, атомными и гидроэлектростанциями.

Как известно, одной из проблем развития мирового производства является проблема взаимодействия его с окружающей природной средой (ПС), прежде всего с атмосферой. Проблема обусловлена фактом вредного воздействия объектов энергетики на ПС: объекты живой и неживой природы. Это воздействие в целом значительно превосходит по интенсивности влияние на ПС других отраслей производства. При этом воздействие имеет разносторонний, комплексный, системный характер. Оно неотвратимо негативно влияет на ход и результаты протекания естественных процессов функционирования объектов ПС.

На пути своего развития и вредного воздействия на ПС человечество прошло точку возврата к благополучному состоянию ПС. Осталась возможность снизить интенсивность дальнейшего вредного воздействия на нее. Реализация этой возможности составляет существо действующей ныне природоохранной доктрины. Ставшее угрожающим состояние ПС, особенно атмосферы, и проблема защиты ее от вредного воздействия развивающегося производства были обсуждены и освещены в документах мирового значения: Киотском протоколе (1997г.) и Парижском соглашении по климату (2015г.).

**Анализ последних источников исследований и публикаций.** Современные энергоустановки представляют собой сложный комплекс оборудования. Среди их элементов наиболее интенсивное и многостороннее вредное воздействие на ПС оказывают котельные установки (КУ).

Указанные сложные обстоятельства в полной мере характерны для производственно-энергетического комплекса Украины, в частности, для систем теплоснабжения, в которых используют отопительные котлы, значительная часть которых изношена, что обуславливает их низкую экологичность [1].

С развитием мировой энергетики, интенсивность ее воздействия на ПС возрастает с ускорением. Его последствия приобрели необратимый характер. Сформировалась главная проблема современности – проблема защиты ПС от вредного воздействия производства. Задачи проблемы поставлены перед всеми отраслями производства. Но основными являются задачи, связанные с функционированием энергетики.

Для решения проблемы защиты ПС от вредного воздействия энергетических установок, необходимо надежно, высококачественно управлять технологической эффективностью их функционирования, прежде всего, управлять ее экологической составляющей [2-4].

Ныне в Украине основным источником получения энергии является органическое топливо, твердое, жидкое и газообразное, сжигаемое в топках паровых и водогрейных котлов. Сейчас в отечественной энергетике структура топливно-энергетического баланса выглядит, приблизительно, так. Около 65% энергии получают при сжигании отечественного дешевого твердого топлива и природного газа (5%), около 35% – при сжигании импортного весьма дорогого жидкого и газообразного (газодизельного) топлива.

Существующая ныне весьма высокая доля дорогого импортного газодизельного топлива сильно повышает цену продукции отечественной энергетики: электричества и теплоты. Это негативно влияет на организационно-экономическую и социальную обстановку в производстве и обществе. Сформировалась острая, сложная и неотложная проблема нормализации структуры топливного баланса энергетики, путем вытеснения из нее дорогого импортного газодизельного топлива дешевым отечественным твердым топливом, а также продуктами его термической переработки: газом пиролиза твердого топлива и газом подземной газификации угля в непродуктивных слоях, на территории месторождения.

При этом в недрах Украины разведаны весьма крупные запасы твердого топлива. Прогнозная экспертная оценка показывает, что при благоприятном сценарии развития страны и использовании только твердого топлива, его запасов хватит на 350-400 лет.

Решение указанной проблемы в перспективе развития в Украине энергетики и производства в целом, на основе перевода ее на твердое топливо как основное представляется ныне единственным целесообразным и реально доступным путем дальнейшего развития [5]. Это положение в полной мере касается и сферы теплоснабжения – важной части отечественной энергетики.

**Постановка проблемы, задачи.** В приближающемся инновационном этапе развития производства, в развивающейся отечественной энергетике, в ее топливном балансе будет увеличиваться доля твердого топлива. Соответственно будет наращиваться его расходование энергопредприятиями, в том числе системами теплоснабжения.

Предстоящее решительное увеличение расхода сжигаемого в энергетике твердого топлива неизбежно приведет к значительному увеличению степени вредного воздействия отрасли на ПС по ряду факторов. Среди них особое место занимает фактор выброса (выделения в атмосферу) частиц мелкодисперсной (летучей) золы с уходящими газами КУ.

Интенсивность выброса золы с уходящими газами КУ зависит от широкого круга обстоятельств, действия значительного числа факторов. Укажем основные из их числа:

- тепловая мощность КУ номинальная, уровень мощности в момент наблюдения;
- технологическая характеристика КУ;
- компоновка котельного агрегата;
- тип топочного устройства;
- компоновка топки, схема взаимного расположения ее элементов;
- тип системы золошлакоудаления, режим ее функционирования;
- наличие (или отсутствие) средств золоулавливания (газоочистки);
- степень автоматизации КУ;
- степень износа КУ;
- уровень технологической культуры реально осуществляемого технического

обслуговування (експлуатаційного і ремонтного) КУ;

- режим функціонування КУ;
- свойства сжигаемого твердого топлива, его сорт, марка, месторождение;
- технический анализ расчетного топлива для данной КУ;
- стабильность свойств топлива во времени, режим и частота его отклонений от регламентных значений.

Столь широкий круг факторов, влияющих на выброс золы КУ, усложняет задачу жесткого его ограничения и поддержания параметров на заданном уровне в условиях эксплуатации реальной КУ, усложняет задачу управления процессом выброса золы.

**Пути решения проблемы.** Для снижения выброса золы, в пределах КУ из потока газообразных продуктов сгорания отделяют (улавливают) и отводят часть золы. Частично очищенные от золы (обычно не менее чем на 90%) газы направляют в атмосферу.

Для отделения из газов части зольных частиц, применяют устройства золоуловители трех типов: циклоны, мокрые фильтры (скрубберы) и электрофильтры. Первые отделяют до 85% золы, вторые – до 91%, третьи – до 97-98%. Скрубберы допустимо применять в случаях, когда содержание окислов кальция в летучей золе не превышает 20%. Использование электрофильтров по сравнению с использованием циклонов и скрубберов значительно более ресурсоемкое и технически более сложное. Поэтому в отопительных котлах, особенно агрегатах невысокой мощности, более реальным оказалось применение циклонов и скрубберов. Однако разработка новых высокоэффективных электрофильтров ведется [6]. Рассматривают целесообразность создания золоуловителей на основе использования тканевых фильтров.

В общем, золоуловители относительно ресурсоемки. Их наличие в комплекте оборудования усложняет КУ и процесс ее эксплуатации. Однако это не снижает их природоохранное назначение и делает их важным элементом КУ.

В нынешних условиях, когда в мире экологическая обстановка быстро ухудшается, требования к уровню экологичности оборудования повышаются. Доля КУ на твердом топливе в энергетике Украины будет возрастать. В этих условиях применение золоуловительных средств в отопительных КУ необходимо.

В КУ, сжигающих твердое топливо, как известно, применяют топки слоевые, факельные (камерные) и топки с псевдооживленным (кипящим) слоем.

Характерный относительный уровень выброса частиц золы у слоевых топок минимален, у камерных топок максимален, у топок с кипящим слоем находится на промежуточном (среднем) уровне.

В нынешних условиях решительного ужесточения требований к уровню экологической эффективности энергоустановок, а также в связи с предстоящим расширением сферы использования в энергетике Украины твердого топлива, необходимо повысить требования к уровню эффективности функционирования золоуловителей, применяемых в отопительных КУ существующих и, особенно, в новых.

Требование повышения уровня экологичности КУ, в частности и особенно, по выбросу золы, в полной мере соответствует требованиям действующей в Украине программы энергосбережения, имеющей средоохранную сущность [7]. По духу и букве это требование согласуется с энергетической стратегией Украины на период до 2035 года и с Национальным планом сокращения выброса крупными топливосжигающими установками.

В целях решения задач данного направления, необходимо развернуть комплекс работ научно-исследовательских, проектно-конструкторских по разработке типорядов новых высокоэффективных золоуловителей для отопительных КУ разной единичной тепловой мощности, для работы на твердом топливе разного качества и для различных районов и условий их применения.

Важно учитывать, что дополнительные ресурсовложения в средства золоулавливания будут с избытком компенсированы снижением ущерба, наносимого природной среде, обусловленного уменьшением выброса золы КУ. Для реализации этой очевидной

возможности, необходимо выполнение сложного, многостороннего комплекса мероприятий на государственном уровне, с привлечением крупных ресурсов государственного и частного капитала. Осуществление комплекса работ должно быть сосредоточено в Программе, выполнение которой должно быть подчинено министерству энергетики и угольной промышленности Украины. Программа должна иметь статус важнейшей и по существу быть частью программы развития отечественной энергетики.

Представляется целесообразным при решении задачи управления разработкой и производством золоуловителей для КУ невысокой мощности использовать прогрессивный подход [8]. При оснащении золоуловителем существующей КУ – использовать принцип избыточного обновления [9].

Как известно, влияние на природную среду частиц золы, выброшенных уходящими газами КУ в атмосферу, отличается высокой токсичностью и разнообразием факторов (форм) вредного воздействия на объекты живой природы, в том числе на человека.

В целях реализации высококачественного управления экологической эффективностью функционирования КУ по выбросу золы, необходимо под программу работ подвести современную научно-техническую и ресурсную базу, обеспечить надлежаще высокий кадровый потенциал в сфере исследования, проектно-конструкторской разработки, производства, монтажа, наладки и последующей эксплуатации новых средств золоулавливания. Эти условия определяют конечный результат выполнения рассматриваемой важной, сложной комплексной задачи в сфере развития энергетики Украины, в частности развития сферы теплоснабжения.

Принципиально важно отметить, что ограничение выброса золы явится посильным вкладом в решение современной важнейшей природоохранной проблемы управления состоянием атмосферы.

Фактически вся природоохранная деятельность человечества подчинена стремлению выполнить жизненно важное условие: атмосфера должна быть чистой [10].

### **Выводы:**

1. Энергетика среди отраслей мирового производства оказывает наиболее сильное комплексное вредное воздействие на состояние окружающей природной среды.
2. Выброс отопительными котельными, работающими на твердом топливе, вредных веществ, в том числе летучей золы, оказывает разностороннее негативное воздействие на живую природу.
3. Предстоящее увеличение доли твердого топлива в топливно-энергетическом балансе энергетики Украины, в том числе в сфере теплоснабжения, обострило актуальность задачи решительного сокращения выброса золы котельными установками, подняло ее до уровня проблемы.
4. Среди средств уменьшения выброса золы котельной установкой наиболее продуктивным, радикальным, является применение золоуловителя, установленного на ее газовом тракте, за котлом.
5. Высокоэффективными золоуловительными установками, апробированными в отечественной энергетике, являются скрубберы, электрофильтры и циклоны.
6. Сложившаяся экологическая обстановка и назревающие изменения в проблеме нормализации структуры топливного баланса отечественной энергетики выдвинули необходимость разработать и реализовать программу мероприятий по ужесточению защиты природной среды от вредного воздействия выброса золы энергоустановками. Программа должна быть частью программы развития энергетики Украины.
7. В программе должен быть использован отечественный, а также зарубежный, опыт создания и применения в котельных установках на твердом топливе современных высокоэффективных золоуловительных средств.
8. Новые золоуловители следует применять как при строительстве новых котельных на твердом топливе, так и при частичном обновлении существующих котельных этого типа.
9. К участию в реализации программы широкого применения золоуловителей

необходимо привлекать всех владельцев отопительных котельных, независимо от формы собственности.

10. Программа широкого применения золоуловителей нуждается в надлежащем комплексном ресурсообеспечении в процессе ее разработки и реализации.

11. Уровень эффективности практического применения золоуловителей в отопительных КУ в высокой степени будет зависеть от качества управления процессом реализации комплекса задач, входящих в программу.

### Литература

1. Корчевой Ю.П. Стан і перспективи розвитку твердопаливної енергетики України / Ю.П. Корчевой // Теплова енергетика – нові виклики часу. За заг. редакцією П. Омеляновського, Й. Мисака. – Львів: НВФ «Українські технології», 2009. – С. 29 – 35.
2. Канаев А.А. Взаимодействие энергетики и окружающей среды / А.А. Канаев, И.З. Копп // Л.: Знание, 1980. – 36 с.
3. Экологические проблемы энергетики / А.А. Кошелев, Г.В. Ташкинова, Б.Б. Чебаненко и др. // Отв. ред. А.А. Папин. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1989. – 318 с.
4. Воинова С.А. Воздействием мирового производства на природную среду необходимо управлять / С.А. Воинова, А.П. Воинов // Матер. наук. – практ. конф. «Енергія. Бізнес. Комфорт», 16 листопада 2017р. – Одеса: ОНАХТ, 2017. – С. 7 – 8.
5. Воинов А.П. О проблеме нормализации структуры топливно-энергетического баланса энергетики Украины / А.П. Воинов, Ж.В. Димитрова, В.В. Витюков // Зб. тез допов. Міжнар. наук. – практ. конф. “Сучасне місто – проблеми та їх вирішення”, 21 – 23 вересня 2017р. – Одеса: ОДАБА, 2017. – С. 92 – 93.
6. Коваль О.М. Створення високоефективних вітчизняних динамічних електрофільтрів типу «ЕФД» для вугільних теплоелектростанцій / О.М. Коваль, В.Г. Єрошенко // Теплова енергетика – нові виклики часу. За заг. редакцією П. Омеляновського, Й. Мисака. – Львів: НВФ «Українські технології», 2009. – С. 487 – 490.
7. Воинов А.П. Значение проблемы энергосбережения. Аналитико-управленческий аспект / А.П. Воинов, Ж.В. Димитрова, С.А. Воинова // Матер. Междунар. науч. – практ. конф. «Проблемы экологии и энергоэффективности в современном строительстве», 24 – 25 ноября 2016г. – Азербайджан, Баку: Азербайджанский архитектурно-строительный университет, 2016. – С. 58 – 63.
8. Воинова С.А. О подходах к управлению технологической эффективностью систем теплообеспечения / С.А. Воинова, А.П. Воинов // Вісник ОДАБА. – Одеса: ОДАБА, 2014. – Вип. №51. – С. 64 – 68.
9. Воинова С.А. Избыточное обновление изношенных технических объектов / С.А. Воинова // Энергетика та електрифікація, 2018, № 1. – С. 33 – 36.
10. Детри Ж. Атмосфера должна быть чистой. Загрязнители атмосферы и борьба с ними / Ж. Детри // Москва: Прогресс, 1973. – 378 с.

### References

1. Korchevoy Yu.P. Stan i perspektivi rozvitku tverdopalivnoyi energetiki Ukrayini [State and prospects of development of solid fuel power engineering in Ukraine]. Thermal power engineering - new challenges of our time. Under the general editorship of P. Omelyanovskiy, J. Mysak, Lviv: NVF Ukrayinski tehnologiyi, pp. 29 – 35, 2009.
2. Kanaev A.A. Kopp I.Z. Vzaimodeystvie energetiki i okruzhayushey sredy [Interaction of power engineering and the environment]. L.: Znanie, 1980.
3. Koshelev A.A., Tashkinova G.V., Chebanenko B.B. and other. Ekologicheskie problemyi energetiki [Environmental problems of power engineering]. Responsible editor A.A. Papin,

Novosibirsk: Nauka, Sibirskoe otdelenie, 1989.

4. Voinova S.A., Voinov A.P. Vozdeystviem mirovogo proizvodstva na prirodnyuyu sredy neobhodimo upravlyat [The impact of world production on the natural environment must be controlled]. Proceedings of scientific-practical conference «Energy. Business. Comfort», Odesa: ONAFT, pp. 7 – 8, 2017.

5. Voinov A.P., Dimitrova Zh.V., Vityukov V.V. O probleme normalizatsii strukturyi toplivno-energeticheskogo balansa energetiki Ukrainyi [About the problem of the normalization of the structure of the fuel and energy balance of the power engineering of Ukraine]. Collected articles from International scientifically-practical conference «Modern city – problems and their solution», Odesa: ODABA, pp. 92 – 93, 2017.

6. Koval O.M., Eroshenko V.G. Stvorenniya visokoeffektivnih vitchiznyanih dinamichnih elektrofiltriv tipu «EFD» dlya vugilnih teploelektrostantsiy [Creation of high-efficiency domestic dynamic electrofilters of the «EFD» type for coal-fired power stations]. Thermal power engineering – new challenges of our time. Under the general editorship of P. Omelyanovskiy, J. Mysak, Lviv: NVF Ukrayinski tehnologiyi, pp. 487 – 490, 2009.

7. Voinov A.P., Dimitrova Zh.V., Voinova S.A. Znachenie problemyi energosberezheniya. Analitiko-upravlencheskiy aspekt [The importance of the problem of energy saving. Analytic-control aspect]. Proceedings of an International scientific-practical conference «Problems of ecology and energy efficiency in modern building», Baku: Azerbaijan University of Architecture and Construction, pp. 58 – 63, 2016.

8. Voinova S.A., Voinov A.P. O podhodah k upravleniyu tehnologicheskoy effektivnostyu sistem teploobespecheniya [About approaches to control of technological efficiency of heat supplying systems]. Visnyk ODABA, Odesa, Optimym, Vol. 51, pp. 64 – 68, 2014.

9. Voinova S.A. Izbytochnoe obnovenie iznoshennyih tehniceskikh ob'ektov [Excessive updating of worn-out technical facilities]. Power and electrification, No. 1, pp. 33 – 36, 2018.

10. Detri Zh. Atmosfera dolzhna byt chistoy. Zagryazniteli atmosferyi i borba s nimi [The atmosphere must be clean. Pollutants of the atmosphere and the fight against them]. Moscow: Progress, 1973.

## ПРО ЗМЕНШЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ОПАЛЮВАЛЬНИМИ КОТЕЛЬНЯМИ НА ТВЕРДОМУ ПАЛИВІ

**Воїнов О.П.**, д.т.н., професор,  
ORCID: 0000-0001-7548-4212

**Елькін Ю.Г.**, к.т.н., доцент,

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*  
yrik29@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7677-377X

**Анотація.** Світове виробництво здійснює на природне середовище все зростаючий багатосторонній шкідливий вплив. Забруднення атмосфери, особливо летючою золою, що викидається котельнями на твердому паливі, досягло нестерпно високого рівня. В енергетиці України, згідно з прогнозом, частка твердого палива в її паливному балансі буде істотно зростати. Отже, буде збільшуватися кількість летючої золи, що виноситься газами з топків котлів. У сфері теплопостачання, що буває опалювальними котельнями на твердому паливі, сформувався проблема зменшення викиду летючої золи. Згідно з прогнозом, у видимій перспективі очікується загострення цієї проблеми. Її вирішення можливе шляхом забезпечення вискоефективного процесу уловлювання золи на виході продуктів згоряння палива з котла в атмосферу. Складність і масштабність проблеми обумовлені труднощами процесу виведення дрібнодисперсних частинок золи з потоку топкових газів і високою чисельністю парку опалювальних котлів. Проблема містить ряд складних комплексних завдань: розробка і організація виробництва нових вискоефективних золоуловлювачів (циклонів, скрубєрів, електрофільтрів), проектна розробка комплектів вузлів газоочистки на

існуючих і на створюваних нових котлах на твердому паливі, впровадження нових вузлів газоочистки. Рішення задач проблеми широкого застосування газоочищувачів для твердопаливних котелень має спиратися на використання накопиченого досвіду і на результати нових науково-технічних розробок в цій сфері. Дослідження задач проблеми свідчить про наявність можливостей здійснити у видимій перспективі їх рішення. Таким чином, опалювальні твердопаливні котельні здійснюють все зростаючий шкідливий вплив на атмосферу. Подальше збільшення частки твердого палива в паливному балансі вітчизняної енергетики загострює актуальність проблеми захисту атмосфери від забруднення летючою золюю. Сформована проблема зменшення викиду золи твердопаливними котельнями стала невідкладною. Спираючись на досвід вітчизняної енергетики та існуючі кадрові та науково-виробничі ресурси, слід вважати реальною можливість у видимій перспективі скоротити ступінь забруднення атмосфери золюю з боку опалювальних котелень на твердому паливі.

**Ключові слова:** опалювальна котельня, забруднення атмосфери, тверде паливо, зола, золовловлювання.

### REDUCTION OF ATMOSPHERIC POLLUTION BY HEATING BOILER PLANTS ON SOLID FUEL

**Voinov A.P.**, D.Sc., Professor,  
ORCID: 0000-0001-7548-4212

**Elkin Y.H.**, PhD, Associate Professor,  
*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*  
yrik29@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7677-377X

**Abstract.** World industry has an ever-increasing multilateral adverse effect on the natural environment. Pollution of the atmosphere, especially by fly ash, which is emitted by heating boiler plants on solid fuel, has reached an intolerably high level. In the power engineering of Ukraine, in accordance with the forecast, the share of solid fuel in its fuel balance will increase substantially. Consequently, the amount of fly ash removed by gases from boiler furnaces will increase. In the sphere of heating, which is abundant with heating boilers plants on solid fuel, the problem of reducing the release of fly ash has emerged. In accordance with the forecast, in the foreseeable future the problem will be aggravating. Its solution is possible by providing a high-efficiency process for ash capture in the site of the fuel combustion products removal from the boiler to the atmosphere. The complexity and scale of the problem are due to the difficulty in the disposal of finely dispersed ash particles from the furnace gases stream and the high number of heating boilers set. The problem contains a number of complex tasks: design and organization of manufacturing of new high-efficiency ash capturers (cyclones, scrubbers, electric filters), project design of sets of gas cleaning units on existing and constructed new boilers on solid fuel, introduction of new gas cleaning units. The solution of the problem of wide application of gas cleaners for solid fuel boilers should be based on the use of accumulated experience and on the results of new scientific and technical developments in this field. The study of the problem indicates the existence of opportunities to implement their solution in the foreseeable future. Thus, heating solid fuel boilers have an increasing harmful effect on the atmosphere. Further increase of the share of solid fuels in the fuel balance of the domestic power engineering strengthens the urgency of the problem of protecting the atmosphere from the pollution by fly ash. The problem of reducing ash emissions from solid fuel boiler plants has become urgent. Based on the experience of domestic power engineering and existing staff, research and production resources, the real possibility, in the foreseeable future, to reduce the degree of pollution of the atmosphere by ash from the heating boiler plants on solid fuels should be considered.

**Keywords:** heating boiler plant, atmosphere pollution, solid fuel, ash, ash capture.

Стаття надійшла 24.09.2018