



Технический Университет Молдовы

**ОЦЕНКА ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА
АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ВЫБРОСОВ,
ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ СЖИГАНИИ
ТОПЛИВА**

Студент:

Фатуев Максим

Руководитель:

Харитонов Светлана

conf. univ. dr.

Кишинёв - 2025

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII
MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Construcții, Geodezie și Cadastru
Departamentul Inginerie Civilă și Geodezie**

**Admis la susținere:
Șef departament ICG, conf. univ. dr.
_____ A. Taranenco
" " _____ 2025**

**EVALUAREA EFECTELOR NOCIVE ASUPRA
AERULUI ATMOSFERIC ALE EMISIILOR
GENERATE DE ARDEREA
COMBUSTIBILULUI**

Teză de master

Student:

**Fatuev Maxim,
gr. IAPC-2303M**

Conducător:

**Haritonov Svetlana
conf. univ., dr.**

Chișinău - 2025

АННОТАЦИЯ

Фамилия и имя автора: Фатуев Максим

Название работы: Оценка вредного воздействия на атмосферный воздух выбросов, образующихся при сжигании топлива

Специальность/магистерская программа: Противопожарная инженерия и гражданская защита

Структура работы: список аббревиатур, введение, 3 раздела, 2 приложения, выводы, 75 страниц, 31 библиографические ссылки.

Ключевые слова: риск, анализ, оценка риска, опасности, пожарная безопасность.

Цель работы: оценить риск вредного воздействия на атмосферный воздух выбросов, образующихся при сжигании топлива.

Задачи исследования:

- расчет выбросов загрязняющих веществ, образующихся при сжигании природного газа, угля и мазута в котлах;
- расчет рассеивания и анализ полей концентраций выбрасываемых загрязняющих веществ по видам топлива;
- оценка воздействия выбрасываемых загрязняющих веществ на атмосферу.

Теоретическая и практическая важность работы: Бытовые и производственные энергопотребности удовлетворяются следующими видами энергии:

- тепловой (технологические процессы, отопление, кондиционирование воздуха),
- электрической (привод машин, электроаппаратуры, освещение),
- электромагнитной (радиосвязь, телефонная связь, телевидение, приборы).

Наиболее универсальная - электрическая энергия, обеспечивает потребность в электромагнитной и в значительном количестве тепловой энергии. До настоящего времени большая часть энергопотребления покрывается за счет непосредственного сжигания органического топлива в печах.

Актуальность темы заключается в том, что котельные установки выбрасывают в атмосферу продукты сгорания, содержащие множество вредных примесей, а именно: полициклические ароматические углеводороды, в том числе бенз(а)пирен $C_{20}H_{12}$ (1-й класс опасности); оксиды азота NO_x (3-й класс опасности); диоксид серы SO_2 (3-й класс опасности); оксид углерода (II) CO (4-й класс опасности), а также взвешенные вещества (зола, сажа и коксовые остатки), токсичность которых зависит от содержащихся в них примесей. В соответствии с, законами «Об охране окружающей среды» и «Об охране атмосферного воздуха» для всех технологических установок, выбрасывающих вредные

вещества, должны быть предусмотрены природоохранные мероприятия, сокращающие или устраняющие вредное воздействие на атмосферный воздух. В процессе экологической оценки котельной установки выполняются расчеты: количества выбросов котельной установки; массы загрязняющих веществ, удаляемых дымовой трубой; распределения загрязняющих в атмосфере, также разрабатываются нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ).

Приемлемый уровень рисков трудно определить и во многих случаях это является больше общественно-политической задачей, нежели технической.

ADNOTARE

Numele și prenumele autorului: Fatuev Maxim

Denumirea tezei: Evaluarea efectelor nocive asupra aerului atmosferic ale emisiilor generate de arderea combustibilului

Specialitatea/program de master: Inginerie antiincendii și protecție civilă

Structura lucrării: lista abrevierilor, introducere, 3 capitole, concluzii, 2 anexe, 75 pagini de text, 31 referințe bibliografice.

Cuvinte cheie: risc, analiză, evaluarea riscurilor, pericole, securitate antiincendiară.

Scopul lucrării: Evaluarea efectelor nocive asupra aerului atmosferic al emisiilor generate în timpul arderii combustibilului.

Obiectivele lucrării:

- calculul emisiilor de poluanți formați în timpul arderii gazelor naturale, cărbunelui și păcurului în cazane;

- calculul dispersiei și analiza campurilor de concentrație a poluanților emiși pe tipuri de combustibil;

- evaluarea impactului poluanților emiși asupra atmosferei.

Importanța teoretică și practică a lucrării: Nevoile energetice casnice și industriale sunt satisfăcute de următoarele tipuri de energie:

- termice (procese tehnologice, încălzire, aer conditionat),

- electrice (acționarea mașinilor, echipamente electrice, iluminat),

- electromagnetice (comunicații radio, comunicații telefonice, televiziune, dispozitive).

Cea mai universală este energia electrică, care asigură nevoia de energie electromagnetică și o cantitate semnificativă de energie termică. Până în prezent, cea mai mare parte a consumului de energie a fost acoperită de arderea directă a combustibilului organic în cuptoare.

Relevanța subiectului este că centralele de cazane emit în atmosferă produse de ardere care conțin multe impurități nocive și anume: hidrocarburi aromatice policiclice, inclusiv benz(a)piren $C_{20}H_{12}$ (clasa I de pericol); oxizi de azot NO_x (clasa de pericol 3); dioxid de sulf SO_2 (clasa a 3-a de pericol); monoxid de carbon (II) CO (clasa de pericol 4), precum și substanțe în suspensie (cenusa, funingine și reziduuri de cocs), a căror toxicitate depinde de impuritățile pe care le conțin. În conformitate cu legile „Cu privire la protecția mediului” și „Cu privire la protecția aerului atmosferic”, toate instalațiile tehnologice care emit substanțe nocive trebuie să fie prevăzute cu măsuri de protecție a mediului care să reducă sau să elimine impactul nociv asupra aerului atmosferic. În cadrul

evaluării de mediu a unei centrale de cazane se calculează: cantitatea de emisii din centrala de cazane; mase de poluanți îndepărtați de coș de fum; distribuția poluanților în atmosferă și standardele pentru emisiile maxime admisibile (MPE) sunt, de asemenea, în curs de dezvoltare.

Nivelul de risc acceptabil este dificil de definit și în multe cazuri este mai mult o problemă socio-politică decât una tehnică.

ANNOTATION

Name and surname of author: Fatuev Maxim

The thesis title: Assessment of the harmful impact on the atmospheric air of emissions generated during fuel combustion

Specialty/master degree program: Fire engineering and civil protection

Thesis structure: abbreviations list, introduction, 3 chapters, conclusions, 2 annexes, 75 text pages, 31 bibliographic references.

Keywords: risk, analysis, risk assessment, hazards, fire safety.

The thesis purpose: estimate the risk of harmful effects on atmospheric air emissions, formed when fuel is burned.

The thesis objectives:

- calculation of emissions of pollutants formed during combustion of natural gas, coal and fuel oil in boilers;
- calculation of dispersion and analysis of concentration fields of emitted pollutants by fuel types;
- assessment of the impact of emitted pollutants on the atmosphere.

Theoretical and practical importance of thesis: Household and industrial energy needs are met by the following types of energy:

- thermal (technological processes, heating, air conditioning),
- electrical (drives for machines, electrical equipment, lighting),
- electromagnetic (radio communications, telephone communications, television, devices).

The most universal - electrical energy, meets the need for electromagnetic and a significant amount of thermal energy. Until now, most energy consumption has been covered by direct combustion of organic fuel in furnaces.

The relevance of the topic is that boiler plants emit combustion products into the atmosphere containing many harmful impurities, namely: polycyclic aromatic hydrocarbons, including benz(a)pyrene $C_{20}H_{12}$ (1st hazard class); nitrogen oxides NO_x (3rd hazard class); sulfur dioxide SO_2 (3rd hazard class); carbon monoxide (II) CO (hazard class 4), as well as suspended substances (ash, soot and coke residues), the toxicity of which depends on the impurities they contain. In accordance with the laws "On Environmental Protection" and "On Atmospheric Air Protection", all technological installations that emit harmful substances must provide for environmental protection measures that reduce or eliminate the harmful impact on the atmospheric air. During the environmental assessment of a boiler installation, the following calculations are

performed: the number of emissions from the boiler installation; the mass of pollutants removed by the chimney; the distribution of pollutants in the atmosphere, and maximum permissible emission standards (MPE) are also developed.

An acceptable level of risk is difficult to determine and, in many cases, this is more of a socio-political task than a technical one.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----------|
| АННОТАЦИЯ | 2 |
| ВВЕДЕНИЕ | 10 |
| 1 ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СЖИГАНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА И ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА | 12 |
| 1.1 Аналитический обзор | 12 |
| 1.2 Выбросы загрязняющих веществ при работе котлов | 20 |
| 1.3 Сжигаемые виды топлива | 24 |
| 1.4 Нормирование выбросов источников воздействия | 31 |
| 2 ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДА КИШИНЭУ | 43 |
| 2.1 Причины загрязнения почвы и атмосферного воздуха | 43 |
| 2.2 Нормативная база в области охраны атмосферного воздуха | 45 |
| 2.3 Источники загрязнения воздуха в г. Кишинэу | 48 |
| 2.4 Загрязнители воздуха | 55 |
| 3 РАСЧЕТ ВЫБРОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА | 59 |
| 3.1 Метод расчета выбросов загрязняющих веществ при работе котла | 59 |
| 3.2 Расчет выбросов загрязняющих веществ при работе котла на природном газе | 62 |
| 3.3 Расчет выбросов загрязняющих веществ при работе котла на синтез-газе | 65 |
| 3.4 Расчет выбросов загрязняющих веществ при работе котла на угле | 65 |
| 3.5 Примеры расчета выбросов вредных веществ в атмосферу при сжигании топлива в котельных | 66 |
| ВЫВОДЫ | 72 |
| БИБЛИОГРАФИЯ | 74 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ | 76 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы: Топливо-энергетический комплекс – это один из основных источников загрязнения атмосферного воздуха.

Загрязнение окружающей среды происходит на протяжении всего процесса производства топливных ресурсов, включая добычу топлива, подготовку и его сжигание. При всем этом страдает население, как небольших поселков, так и крупных городов, где воздействие загрязняющих веществ суммируется от всех сфер промышленности.

Следовательно, важнейшей задачей топливо-энергетического комплекса является обеспечение экологической безопасности его производственных процессов с целью сохранения окружающей природной среды. Загрязнение атмосферного воздуха является одним из серьезнейших экологических факторов, затрагивающих здоровье каждого человека в странах с низким, средним или высоким уровнем дохода.

Согласно оценкам, в 2022 г. загрязнение атмосферного воздуха (воздуха вне помещений) как в городах, так и в сельских районах привело к 4,2 млн случаев преждевременной смерти в мире; эта смертность обусловлена воздействием мелких дисперсных частиц, которые приводят к развитию сердечно-сосудистых, респираторных и онкологических заболеваний.

По оценкам ВОЗ, в 2022 г. около 68% случаев преждевременной смерти, обусловленной загрязнением атмосферного воздуха, произошли в результате ишемической болезни сердца и инсульта, 14% – в результате хронической обструктивной болезни легких, 14% – в результате острых инфекций нижних дыхательных путей и 4% – в результате рака легких.

Жители стран с низким или средним уровнем дохода несут непропорциональное бремя болезней, вызванных загрязнением атмосферного воздуха: на эти районы приходится 89% случаев (из 4,2 млн случаев преждевременной смерти). Наибольшее бремя болезней отмечается в регионах ВОЗ стран Юго-Восточной Азии и стран Западной части Тихого океана. Последние оценки бремени болезней указывают на большую роль загрязнения воздуха в развитии сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе со смертельным исходом.

Цель работы: оценить риск вредного воздействия на атмосферный воздух выбросов, образующихся при сжигании топлива.

Объект работы:

- расчет выбросов загрязняющих веществ, образующихся при сжигании природного газа, угля и мазута в котлах;
- расчет рассеивания и анализ полей концентраций выбрасываемых загрязняющих веществ по видам топлива;
- оценка воздействия выбрасываемых загрязняющих веществ на атмосферу.

ВЫВОДЫ

1. Основные объекты и источники загрязнения с негативным воздействием на окружающую среду и здоровье человека по отраслям народного хозяйства составляют: энергетика, промышленные процессы и конструкции, транспорт, сельское хозяйство, отходы и т.д.;

2. Основные источники загрязнения воздуха атмосфера в муниципии Кишинэу представлены производства электроэнергии на теплоэлектростанциях, системы отопления дома, автомобильное движение, железнодорожная, авиационная и промышленная деятельность;

3. Основные стационарные источники загрязнения атмосферы в муниципии Кишинэу являются АО «ТЭЦ-1», АО «ТЭЦ-2» и АО «Термоком» одновременно имеющие самые большие сферы влияния;

4. Страны происхождения с крупнейшим импортом нефтепродуктов: бензин и дизель – Румыния; сжиженный газ – Российская Федерация;

5. Автомобильный транспорт является основным источником относительно количества израсходованного топлива и выброс токсичных веществ в атмосферу.

Обеспечение качества атмосферного воздуха является трансграничной проблемой. Размер проблемы требует действий на глобальном, региональном и местном уровнях. Предложение направлено на корректировку национальной нормативной базы в нормативную базу ЕС, связанную с сокращением выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

- По результатам анализа воздействия предлагается следовать варианту способствования долгосрочному прогрессу Республики Молдова в направлении устойчивого развития.
- Рекомендуемый вариант способствует выполнению обязательств по качеству воздуха, принятые Республикой Молдова с ратификацией Соглашения об ассоциации с ЕС, соблюдая его положения международных договоров, стороной которых является Республика Молдова.
- Установление обязательств и инвентаризация выбросов будут способствовать улучшению всего процесса оценки и мониторинга воздействия загрязнения атмосферы, которые внесут существенный вклад с точки зрения защиты здоровья граждан за счет улучшения качества воздуха и окружающей среды.
- Упрощение планирования процессов, отчетности и мониторинга. Создание

механизмов представления и проверки информации об обязательствах и решениях Республики Молдова, принятые в соответствии с ними, а также оценка хода их выполнения обязательства;

- Получение правдивых данных о качестве атмосферного воздуха будет способствовать развитию и реализации политики по борьбе с загрязнением воздуха и минимизации вредного воздействия загрязняющих веществ атмосферы, а также для долгосрочного мониторинга тенденций и последующих улучшенных мер, принятых на национальном и местном уровне.

Очень эффективным средством снижения загрязнения воздуха является переход на возобновляемые источники энергии. Согласно исследованию, опубликованному в журнале *Energy and Environmental Science* в 2015 году, переход на 100% возобновляемую энергию в Соединенных Штатах устранил около 62 000 преждевременных смертей в год и около 42 000 в 2050 году. Это позволит сэкономить около 600 миллиардов долларов на расходах на здравоохранение в год.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Anuar. Starea calității aerului atmosferic pe teritoriul Republicii Moldova pentru anul 2017, 2018, Chișinău 2018-2019.
2. Carrington, Damian; „Ammonia from farms behind 60% of UK particulate air pollution – study”, *The Guardian*, editor, Damian Carrington Environment, 2021. ISSN 0261-3077.
3. Davis, Devra Lee, *When smoke ran like water: tales of environmental deception and the battle against pollution*, Internet Archive, New York, NY: Basic Books, 2002. ISBN 978-0-465-01521-4.
4. Drury, Richard; Belliveau, Michael; Kuhn, J. Scott; Shipra, Bansal. "Pollution Trading and Environmental Justice: Los Angeles' Failed Experiment in Air Pollution Policy". *Duke Environmental Law & Policy Forum*. 9 (231). 1999.
5. Jacobson, Mark Z.; et al. "100% clean and renewable wind, water, and sunlight (WWS) all-sector energy road maps for the 50 United States". *Energy and Environmental Science*. 8 (7): 2093–2117. doi:10.1039/C5EE01283J. 2015.
6. HG nr.1277 din 26 decembrie 2018 cu privier la instituirea și funcționare Sistemului național de mitorizare și raportare a emisiilor de gaze de seră și altor informații relevante pentru schimbările climatice.
7. HG nr.914/2020 pentru aprobarea Regulamentului privind limitarea emisiilor de compuși organici volatili cauzate de utilizarea de solvenți organici în anumite vopsele, lacuri și în produsele de refinisare a autovehiculelor.
8. HG nr. 587 din 31.07.2020 cu privire la aprobarea Regulamentului privind controlul emisiilor de compuși organici volatili (COV) rezultați din depozitarea și din distribuția benzinei de la terminale la stațiile de alimentare cu produse petroliere.
9. HG nr.659/2023 aprobarea Programului de dezvoltare cu emisii reduse al Republicii Moldova până în anul 2030.
10. Legea Nr. 1515 din 16-06-1993 privind protecția mediului înconjurător. Modificat: 21-12-2023 în Monitorul Oficial Nr. 488-491 art. 862.
11. Legea nr. 98/2022 privind calitatea aerului atmosferic.
12. Legea nr. 227/2022 privind emisiile industriale.
13. Lege nr. 851 din 29.05.1996 privind expertiza ecologica și evaluarea impactului asupra mediului înconjurător.
14. Lege nr. 1540 din 25.02.1998 privind plata pentru poluarea mediului.
15. Lege nr. 1536 din 25.02.1998 cu privire la activitatea hidrometeorologică.

16. Nalbandian, H. Trace element emissions from coal, CCC/203: ISBN 978-92-9029-523-5 IEA Clean Coal Centre, September 2012. – 89 p
17. Ordinul Ministrului Mediului nr. 110 din 17.12.2010 „Cu privire la aprobarea Instrucțiunii privind încadrarea întreprinderilor în categorii după nivelul de impact asupra aerului atmosferic”.
18. Pathak, Mansi; Kuttippurath, Jayanarayanan „Air quality trends in rural India: analysis of NO₂ pollution using satellite measurements”, *Environmental Science: Processes & Impacts* (în engleză), 24(12), pp. 2437–2449, doi: 10.1039/D2EM00293K, 2022, ISSN 2050-7895.
19. Planul local de acțiuni pentru mediu al municipiului Chișinău, Chișinău 2010.-75 p.
20. Resursele naturale și mediul în Republica Moldova. Culegere statistică, Chișinău 2010-2014.
21. Termoelectrica S.A.. www.termoelectrica.md
22. Бондалетова Л.И., Новиков В.Т., Алексеев Н.А. Расчет выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлоагрегатах котельных - Томск: Изд. ТПУ, 2000. 39 с.
23. Кирсанов, Ю. Г. Оценка воздействия выбросов вредных веществ на атмосферный воздух: учеб. пособие. Урал. федер. ун-т. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018. 110 с. ISBN 978-5-7996-2341-8
24. Лебедева Е.А., Гордеев А.В., Лощилова Е.В. Экологическая оценка котельной установки и разработка нормативов предельно допустимых выбросов [текст]: методические указания. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2012. 59 с.
25. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. 7-е изд., стереот.М.: Издательство МЭИ, 2001. 472 с. ISBN 5-7046-0703-9.
26. https://web.archive.org/web/20151021000322/http://cet2.md/ru/hronica_razvitia.htm
27. www.mtic.gov.md
28. https://web.archive.org/web/20170926190954/https://www.termoelectrica.md/ru_RU/despre/informatii-tehnice/
29. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
30. КТЗВБР - Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния: <http://www.unece.org/env/lrtap/welcome.html>;
31. Европейское агентство по окружающей среде: <http://themes.eea.europa.eu/IMS/CSI>