

Impact of centralized and individual heating systems in residential buildings from Environmental Considerations. Case study for Chisinau

Tirsu M.S., Lupu M.L., Postoronca Sv.A.

Institute of Power Engineering
Chisinau, Republic of Moldova

Abstract. The paper aims to provide argumentation of centralized district heating system use from the consideration of harmlessness for both public health and environment, in comparison with the use of individual heating units, installed in residential areas of the Chisinau municipality. Proposed goal have been reached performing the comparison on quantitative harmful emissions resulting from the operation of these two types of heating, using emissions factors, deducted from the specific consumption of thermal energy. The issue's relevance is proved by the existence of considerable number of disconnected users from the centralized heating, though last years, this trend is decreasing. As regard to new buildings, they continue to give priority to the individual heating. Statistical data provided by specialized institutions of the municipality underlines the increased share of incidents of intoxication with combustion products, namely carbon oxide, followed by poisoning from gas leaks, shingles caused by explosions in violation of the operating rules of such equipment, also registering lethal cases. New results are the determination of the difference in emission values for both cases. The importance of the obtained results is that for the generation of thermal energy in a centralized heating system using cogeneration technology, harmful emissions into the environment are 28% less than when using individual heat supply systems. This received ascertainment could serve as an important argumentation for the obvious priority of the centralized heating system in the municipality versus the use of individual units.

Keywords: heating, centralized system, natural gas, public health, pollutant emissions, CHP.

DOI: 10.5281/zenodo.3367070

Impactul sistemelor de încălzire centralizată și individuală în clădirile cu multe apartamente asupra ecologiei. Studiu de caz pentru municipiul Chișinău

Tîrșu M.Ș., Lupu M.L., Postoroncă Sv.A.

Institutul de Energetică
Chișinău, Republica Moldova

Rezumat. Scopul prezentei lucrări este argumentarea utilizării sistemului centralizat de aprovizionare cu energie termică din considerente de inofensivitate față de sănătatea publică și de mediul ambiant, în comparație cu utilizarea centralelor termice individuale, montate nemijlocit în spațiile rezidențiale din municipiul Chișinău. Scopul propus a fost atins în urma comparației cantitative a emisiilor poluante, eliminate în urma funcționării ambelor tipuri de încălzire. Actualitatea subiectului lucrării parvine din existența unui număr impunător de utilizatori debransați de la sistemul centralizat, deși în perioada ultimelor ani dinamica de deconectare este în scădere. Continuă a avea prioritate montarea echipamentelor termice individuale în clădirile noi. Statistica oferită de instituțiile specializate din municipiu scoate în evidență cota majorată a incidentelor de intoxicație cu produse de ardere, în special oxidul de carbon, urmată de intoxicații în urma scurgerilor de gaze, arsuri cauzate de explozii la încălcarea normelor de exploatare a acestor echipamente, totodată fiind înregistrate și cazuri letale. Noutatea rezultatului lucrării constă în compararea valorilor emisiilor pentru aceste două cazuri. Cel mai important rezultat al lucrării este estimarea diferenței valorii de emisii pentru ambele cazuri, în sistemele individuale depășind cu 28% emisiile din sistemul centralizat, cu condiția că energia termică este produsă în regim de cogenerare. Constatarea obținută servește ca argument important pentru prioritatea evidentă a sistemului centralizat de aprovizionare cu energie termică din municipiu față de utilizarea centralelor individuale.

Cuvinte-cheie: termoficare, sistem centralizat, gaz natural, sănătate publică, emisii poluante, cogenerare.

Влияние централизованного и индивидуального отопления многоквартирных зданий на экологию (на примере г. Кишинев, Республика Молдова)

Тыршу М.С., Лупу М.Л., Посторонкэ С. А.

Институт энергетике
Кишинев, Республика Молдова

Аннотация. Целью настоящей работы является аргументация использования централизованной системы обеспечения тепловой энергией исходя из присущей ей безвредности по отношению к общественному

здоровью и к окружающей среде, по сравнению с использованием индивидуального отопительного оборудования, смонтированного непосредственно в жилых помещениях муниципия Кишинев. Поставленная цель была достигнута за счет сравнения количества выбросов, образующиеся в результате работы этих двух типов систем отопления. Актуальность предмета исследования исходит из наличия существенного количества потребителей, отключенных от централизованной системы отопления, хотя в последние годы наблюдается резкое снижение такой тенденции. Продолжает пользоваться приоритетом индивидуальное отопление в недавно построенных жилых домах. Статистика, представленная специализированными учреждениями муниципия, говорит о высоком уровне инцидентов отравления угарными газами, в частности окисью углерода, за которым следуют отравления от утечки газа, ожоги, происходящие по причине нарушения правил эксплуатации домашнего газового оборудования, а также летальные исходы. Новыми результатами являются определение разности в значениях выбросов для обоих случаев. Важность полученных результатов состоит в том, что для генерирования тепловой энергии в централизованной системе отопления при использовании технологии когенерации, вредные выбросы в окружающую среду оказываются на 28% меньше, чем при использовании индивидуальных систем обеспечения теплом. Данная констатация позволяет аргументировать явный приоритет использования централизованной системы перед системами индивидуального отопления.

Ключевые слова: отопление, централизованная система, оборудование, природный газ, общественное здоровье, вредные выбросы, когенерация.

ВВЕДЕНИЕ

Данное исследование посвящено предмету выявления преимуществ использования систем централизованного обеспечения тепловой энергией по сравнению с индивидуальным отопительным оборудованием, установленном в отдельной квартире, доме или группы домов. Исследование проводилось с учетом особенностей выделения вредных выбросов при работе отопительных систем в обоих случаях, а также рисков, связанными с отравлениями продуктами горения и с взрывами газового оборудования, как следствие нарушения правил их эксплуатации. Централизованный и индивидуальный подходы отопления имеют свои характерные преимущества и недостатки. С целью оценки наибольшего выигрыша, оказавшись перед таким выбором, в литературе эти вопросы были исследованы довольно широко и многосторонне. За основу для сравнения авторы очень часто используют экономические показатели [1], как и принято при рассмотрении любого энергетического проекта.

Безусловно, первостепенное значение имеют объемы инвестиций в оборудование и все сопутствующие расходы, а также средства, выделенные на содержание и эксплуатацию, включая цены на топливные ресурсы, их бесперебойная поставка для непрерывной работы энергетического объекта. Директива 2012/27 ЕС "Об энергоэффективности" расценивает централизованную систему отопления эффективной в случае, если 50% от использованной энергии является

возобновляемой, либо теплом, скидываемым от промышленности и от бытового стока, либо использованием когенерации в объеме 75%, либо комбинировано от использования 50% всех перечисленных источников [2]. В частности, повышенный интерес в последние годы для авторов представляют вопросы, связанные с использованием возобновляемой энергии для отопления [3] и [4].

Внедрение более эффективных технологий в термоэнергетике влекут за собой в конечном итоге улучшение экономических показателей, что является крайне важным с точки зрения конечного потребителя. Наряду с экономической аргументацией, широкое освещение в исследованиях получило изучение вопросов повышенного комфорта при отоплении помещений с использованием автономных средств. Таким образом, результаты показали явное предпочтение, данное потребителем индивидуальному оборудованию, предоставляющее возможность быстро регулировать подачу тепловой энергии в соответствии с запросами на определенную температуру в помещении [5]. В то же время, в современных условиях, оценка инновационных подходов, концепций и технологий в области энергетики немыслима без учета фактора воздействия на окружающую среду.

В концепции ООН по устойчивому развитию, представляющей собой всемирную модель будущего цивилизации воедино соединяются три основополагающих направления - экономическое, социальное и экологическое [6]. Согласно этому, перспективу для дальнейшего развития получают лишь те направления, которые характеризуются

пониженными сравнительными показателями загрязнения окружающей среды. Большая группа учёных посвятила свои исследования для оценки влияния на человека и на окружающую среду загрязняющих выбросов, выделенных при работе объектов энергетического комплекса. В подавляющем большинстве таких работ авторы пришли к выводу, что централизованные системы отопления характеризуются уменьшенными показателями выбросов. Именно из таких соображений, делается призыв на дальнейшее развитие когенерационных технологий с сопутствующей модернизацией тепловых городских сетей [7]. Отдельное место занимает изучение проблемы, связанной с угрозой безопасности потребителей тепловой энергии от автономного отопительного оборудования, при работе которой имеет место горение топлива непосредственно в местах проживания или деятельности людей. Были написаны работы на основе социологических опросов жильцов домов с установленными в них индивидуальными отопительными устройствами (1000 респондентов), и результаты показали преобладающую популярность централизованных систем [8]. Тревожной является статистика случаев отравления продуктами горения и взрывами индивидуальных отопительных устройств работающие на природном газе [9] - [12]. В последних работах приводятся количественные данные о несчастных случаях в результате ненадлежащего использования домашнего газового оборудования, а также раскрывается с научной точки зрения факт уязвимости живых организмов по отношению к составляющим выбросов от горения, провоцирующие множество патологий.

Настоящая работа написана с целью дополнения существующих оценочных подходов для сравнения централизованного и индивидуального отоплений с точки зрения количества вредных выбросов, выделяемых при работе для обеспечения потребителей тепловой энергией, на примере муниципалитета Кишинев.

МЕТОДЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве исходного материала в данной работе приняты данные об источниках загрязнения воздуха в Кишинев от работы

теплоэнергетических объектов для отопления, предоставленные муниципальным Центром превентивной медицины. Полученная информация содержится в трех отдельных категориях источников выбросов: от централизованной системы отопления; от квартир, отключенных от централизованного отопления и использующие индивидуальные системы, а также от квартир в недавно построенных зданиях. Информация доступна по трем компонентам, представляющим наибольший интерес: окись углерода CO; окись азота NOx и двуокись серы SO₂. Данные, представленные Инспекторатом полиции и Центром легальной медицины относительно несчастных случаев отдельно по секторам муниципалитета, связанных с эксплуатацией домашнего газового оборудования указывают на явное преобладание количества случаев отравления продуктами горения, выделенными при работе автономных отопительных единиц. Это и послужило основанием для рассмотрения только проблем отравлений, исключив остальные. Изучена также статистика отключений конечных потребителей тепловой энергии от централизованной системы, что касается жилищного сектора муниципалитета. Количество выбросов в случае централизованной системы обеспечения тепловой энергией муниципалитета были вычислены косвенно, на основе количества энергии, необходимой для обогрева единицы площади, используя общепринятую таблицу соответствия энергии выделенным выбросам на ее генерацию, через факторы выбросов [13]. Данные о выбросах, генерированные индивидуальными отопительными единицами были получены путем сбора информации о потреблении тепловой энергии в четырех жилых домах города, использующие данный вид отопления. С целью получения усредненного максимально точного значения количества выбросов здания были выбраны абсолютно отличающиеся по своим конструктивным особенностям и по структуре потребления. При сравнении этих двух значений было обнаружено, что они не сильно отличаются. Удельные выбросы от использования индивидуального отопления оказались даже ниже, чем при централизованном отоплении, на 9.4%. Однако, следует учесть тот факт, что в централизованной системе тепло вырабатывается, используя технологию

когенерации, при которой генерируется и электрическая энергия. На то же количество тепла, полученного от централизованного отопления, электрическая энергия не генерируется, и ее приходится импортировать отдельно. Выполнив расчет, используя упомянутые выше факторы выбросов, получим результат сравнения, кардинально отличающийся от предыдущего. Количество выбросов, выделенных при работе индивидуального отопления в муниципия. Кишинев превосходит соответствующее значение в случае централизованного на 85.9%. Кроме того, следует отметить тот факт, что дисперсия рассмотренных выбросов имеет место в обоих случаях в абсолютно разных условиях. Если продукты горения на теплоцентрали удаляются на высоте около ста метров над городом, на определенном расстоянии от жилых массивов, то в случае индивидуального отопления выхлопные газы из автономных отопительных котлов выбрасываются непосредственно через фасад зданий, в местах плотного проживания, что угрожает общественному здоровью жителей и состоянию окружающей среды. Но эти эффекты довольно непросто поддаются количественным оценкам.

I. ПРЕДПОСЫЛКИ К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОБЛЕМЫ

Отопление и охлаждение помещений является важнейшим направлением современной термоэнергетики. В мире проблемы, связанные с подачей тепла и холода решаются по-разному. Как показывает практика больших городов, высокий уровень температурного комфорта в зданиях достигается именно за счет использования централизованных теплоэнергетических систем. Выявлено, что сектор зданий, имея конечное энергопотребление около 40%, является огромным потенциалом для энергосбережения и роста энергоэффективности. В некоторых странах в юго-восточном регионе Европы существует определенное количество городов со схожими по состоянию системами централизованного отопления. Здесь в 60-80 годы прошлого столетия были построены термоэлектроцентрали (ТЭЦ) с относительно большой установленной выходной мощностью, в пределах 100 - 300 MW. Соответственно, были построены и тепловые сети для подачи теплового агента

потребителю. Работают они в основном на базе принципа когенерации, позволяющем генерировать электрическую и тепловую энергию одновременно, что ставит данную технологию в разряд высоко эффективных. Использование таких систем являлось достаточно экономически и экологически оправданным. Однако со временем тепловые сети городов стали устаревать, потребовались существенные расходы на их техническое обслуживание, включая стоимости на регламентные работы самих станций. В данных ситуациях свой негативный вклад внесли также геополитические и экономические процессы в регионе, сказывающиеся на цены на топливо, тарифы на тепловую энергию и на платежеспособность потребителя. Но самым сложным сегментом, с точки зрения поддержания эффективной работоспособности централизованных систем отопления, оказался внутри зданий. Внутренние системы отопления, сконфигурированные в основном по вертикальной разводке (однотрубная), включая комнатные радиаторы, из-за забивания внутренних стен известковым налетом потеряли способность теплопередачи. Это стало приводить к повышению температуры теплового агента в обратном трубопроводе, а значит и к уменьшению количества поставляемой тепловой энергии. В результате стали развиваться лавинообразные процессы отключения потребителей от централизованной системы, отдавая предпочтение индивидуальному отопительному оборудованию для отдельной квартиры, дома или группы домов. Такая ситуация усложнила еще больше положение поставщика, уменьшением значения тепловой нагрузки и понижением соответственно КПД работы станции. В то время, когда повсеместно, где существуют необходимые предпосылки и позволяют условия, проводятся меры по продвижению концепции использования централизованной системы отопления, на базе когенерации, такой массовой переход к массовому использованию автономного отопления в густонаселенных городских кварталах неприемлем с точки зрения охраны общественного здоровья и окружающей среды.

С целью оценки негативных последствий от массовой установки автономного отопительного газового оборудования с принудительным выхлопом продуктов горения в местах плотного пребывания людей, был проведен анализ ситуации на примере зданий, образующих жилой фонд муниципия Кишинев, административно включающий в свой состав город Кишинев, состоящий из 5 секторов и 19 пригородов, 6 из которых городского и 12 сельского типа.

II. РЕГЛАМЕНТИРОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Для поднятия качества теплоснабжения потребителей и уменьшения негативных последствий на экологию, а также на общественное здоровье и безопасность граждан существует пакет законов, регламентирующий все аспекты деятельности в данной области. На уровне Европейской Комиссии разработан и принят целый ряд директив, регламентов, стратегий и рабочих планов. В их числе Стратегия по отоплению и охлаждению (SWD (2016)24 final) [14], Директива по энергетическим показателям зданий (Directive 2010/31/EU), Директива по энергоэффективности (Directive 2012/27/EU) [2], Директива посвященная качеству воздуха окружающей среды (Directive 2008/50/EC) [15]. Последний из этих документов содержит декларацию Европейской Комиссии об усовершенствовании экологического проектирования и об уменьшении выбросов парниковых газов от сжигания углеводородов в бойлерах и теплоцентралях. В свою очередь, страны члены Евросоюза разработали и приняли внутренние законы, касающиеся функционирования и развития теплоэнергетического комплекса, учитывая экономические, экологические, технологические, организационные и социальные составляющие, включая безопасность. Они ориентированы на достижение намеченных целей по уменьшению использования первичных энергоресурсов, в особенности, углеводородов, снижения уровня вредных выбросов в окружающую среду, роста качества теплоснабжения для всех категорий потребителей.

В области защиты окружающей среды в Республике Молдова была разработана и продолжает совершенствоваться

национальная нормативная база на уровне Стратегии развития при снижении уровня выбросов в Республике Молдова до 2030 г. [16], сопутствующие законы об энергетических показателях зданий и энергоэффективности, строительные нормы и правила. Считается безосновательным широкое использование автономных отопительных котлов (АОК), как для зданий, так и для отдельных квартир в местах близкого расположения к магистралям теплосетей.

АОК относятся к категории приборов с повышенной опасностью. Использование индивидуальных средств отопления ассоциируется с повышенными рисками взрывов, пожаров и целого ряда патологий горожан от выделенных продуктов горения в местах проживания. Ко всем этим рискам расположены и соседи лиц, которые используют АОК внутри жилых домов. Установка газовых котлов предполагает изменение топологии газовых труб, добавление счетчиков, что увеличивает риски утечки газа. А принимая во внимание, что Молдова находится в достаточно активной сейсмической зоне, то усложнение конфигурации системы подачи газа внутри домов увеличивает риски утечки газа, взрывов и пожаров при землетрясениях. Острые отравления окисью углерода нередко приводит к летальным исходам, а выжившие страдают впоследствии от необратимых внутричерепных изменений. Иными словами, требования к защите окружающей среды и вопросам здравоохранения, описанные выше должны обеспечиваться пакетом законов при выборе того или иного типа отопления помещения, здания, или группы зданий.

Нормативный документ в строительстве, "Установки тепловые, вентиляционные и для кондиционирования воздуха. Отопление квартир жилых домов теплогенераторами на газовом топливе NCM G.04.04-2012"[17] предусматривает, что проекты по установке и использованию АОК в квартирах должны координироваться со всеми службами в данной области: противопожарные, газового надзора, эпидемиологические и местная администрация при выдаче градостроительного сертификата. Кроме того, подобные действия возможны только в случае выполнения определенных условий: 1) отсутствие соединения к другим средствам отопления (централизованные, автономные);

2) отсутствие экономической выгоды от использования других систем отопления и 3) соответствие гигиеническим условиям для качества воздуха по близости, учитывая количество продуктов горения выпущенных всеми АОК вместе взятых.

В то же время, к параметрам и характеристикам функционирования АОК предъявлены требования: котлы должны работать на газовом топливе, они должны быть снабжены функциями автоматизации, камеры сгорания должны быть закрытого типа, продукты горения должны эвакуироваться принудительно. Выбросы не должны превышать NO_x - максимум 30 ppm ($60 \times 10^{-6} \text{ кг/м}^3$). Во время работы теплогенераторов типа АОК выбросы вредных веществ должны соответствовать допустимым концентрациям в атмосферном слое воздуха на уровне открытого доступа окон на всех этажах и должны соответствовать принятым санитарным нормам. Специальные требования также предъявляются и в отношении противопожарной безопасности. Расписаны условия относительно дымовых труб, которые проходят через стены и лоджии здания. В квартирах должны быть установлены системы оповещения пожаров и утечки газа, и в дополнение - клапаны прерывания подачи топлива к установкам. Также, предъявлены требования к ограничению уровня шума и вибраций.

III. СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ - ПЕРВОСТЕПЕННАЯ ЗАДАЧА СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Загрязнение воздуха представляет собой процесс изменения природных характеристик атмосферы вследствие действия загрязнителей химического, физического и биологического характера, которые сказываются негативно и на окружающую среду. В зависимости от концентрации и продолжительности действия, загрязнение воздуха может повлечь за собой: ухудшение здоровья людей; дискомфорт для жителей определенной зоны; загрязнение среды обитания; нарушение экосистемы.

Источники загрязнения городского воздушного бассейна муниципия Кишинев включают: свыше 285 тысяч транспортных единиц; стационарные источники - свыше 1000 производственных предприятий; 292

теплостанций; 111 автозаправочных станций; 7 нефтебаз. Статистические данные, предоставленные Центром Превентивной Медицины показывают, что главный источник загрязнения воздуха в Кишинев является транспорт. Количество вредных выбросов от сжигания топлива в сфере транспорта находятся в следующей пропорции: CO – 109329 тонн/год; NO_x - 12 646 тонн/год; SO_2 - 797 тонн/год.

Теплоэнергетический сектор муниципия Кишинев представляет собой второй по значимости источник загрязнения воздуха. Средние значения по последним годам количества выбросов от процесса энергетической трансформации генерирования тепловой энергии для централизованного отопления следующие: CO - 436 тонн/год; NO_x - 598 тонн/год; SO_2 - 0.3 тонн/год. Для отопления квартир, отключенных от централизованной системы обеспечения тепловой энергией (ЦСОТЭ), при функционировании АОК производится выбросы CO - 0.8 тонн/год; NO_x - 60.1 тонн/год; SO_2 - незначительно, а в недавно построенном жилом фонде АОК выделяют следующие количества: CO - 48 тонн/год; NO_x - 360 тонн/год; SO_2 - 0.0045 тонн/год.

Конструктивные элементы зданий не всегда позволяют отключение от системы ЦСОТЭ и переход к АОК. В домах (зданиях) старого типа отсутствуют адекватные системы удаления продуктов горения. Частично, в домах, построенных позже такие системы проектируются и устанавливаются. Жилые дома, построены по проектам 70-х годов прошлого столетия, не предназначены для установки АОК. У подобных зданий системы вентиляции не продуманы для удаления продуктов горения от работы АОК, тем не менее, подобные системы продолжают устанавливаться до сих пор.

Решение было "найденно" - выброс газов производится прямо на улицу, через трубы принудительного выхлопа, проходящие сквозь наружные стены здания. В неблагоприятных метеоусловиях (обратный поток ветра в окно) вредные вещества не разносятся, а аккумулируются в жилой зоне и загрязняют воздух в жилых помещениях, собирая вредные вещества в слоях не выше 2м. Но хуже всего, что такой подход продолжает использоваться и в ныне строящиеся здания, у которых можно

свободно увидеть выхлопные трубы, проходящие сквозь фасады.

Расположение муниципия Кишинев на холмистой местности делает непростым циркуляцию воздушных потоков, что приводит к скапливанию вредных веществ в нижней зоне, в частности, в центральной части города. Плотное расположение конструкций не способствует естественной вентиляции внутри кварталов. Таким образом, химические выбросы могут провоцировать: отравления и воздействует на дыхательные пути, на центральную нервную и сердечно - сосудистую системы, провоцирует раздражение глаз.

Ежегодно вследствие ненадлежащего использования отопительных приборов в помещениях случаются отравления, вызванные СО. Таким образом, данные предоставленные Государственным центром правовой медицины отражают общую статистику летальных случаев в муниципии Кишинев, вызванные отравлениями углекислым газом для всех видов отопления, включая печки на твердом топливе. Было

зафиксировано 34 летальных случая в 2015, 37 - в 2016 и 12 - в 2017 годах. В генеральном инспекторате полиции муниципия за 2013 год было зафиксировано 219 случаев отравления углекислым газом и другими продуктами горения, а также 40 случаев инцидентов по причине утечки газа в квартирах или на лестничных площадках жилых домов. Статистика за последние 10 лет, предоставленная поставщиком природного газа, компанией «КишинэуГаз» представляет случаи, связанные с отравлениями углекислым газом при отоплении квартир с помощью АОК и постоянно включенных обогревателей воды, по четырем видам инцидентов: отравления от углекислого газа, от утечек газа; телесные ожоги и летальные исходы. Самые распространенные причины подобных случаев связаны с несоблюдением периодов технического обслуживания АОК (собственник автономного котла обязан, по крайней мере, один раз в год производить профилактические работы оборудования); а также неправильным использованием отопительного оборудования жильцами.



Рис.1. Статистика инцидентов в муниципия Кишинев вследствие неправильной эксплуатации домашнего газового оборудования за 2008-2018 гг.¹

IV. СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕРМОЭНЕРГЕТИКИ В КИШИНЕВ

Как уже отмечалось, в муниципии Кишинев круглогодично осуществляется подача тепловой энергии в качестве обогрева помещений и в виде горячей воды, посредством централизованной системы отопления, а также в индивидуальном порядке от котлов, работающих на газе или на твердом топливе (уголь и биомасса). На данный момент Акционерное Общество "Термоэлектрика" обеспечивает отоп-

лением 7370 зданий, из которых 2346 социального назначения и 208472 квартир расположенных в 4560 многоэтажных домов города. Количество тепловой энергии, поставляемая жилому фонду в течение 2017 года составила 4219.5 ТДж, а для организаций - 1162.3 ТДж. Из представленных данных можно предположить, что жилой сектор муниципия Кишинев занимает большой процент в полном потреблении тепловой энергии в централизованной системе теплоснабжения - 77%, в то время как в организациях потребляют около

¹Appendix 1

14,2%. Наименьшая доля приходится на другие сектора национальной экономики и составляет лишь 8,8%. Часть потребителей, ранее использовавшие централизованное отопление отключились и установили автономные

системы отопления. На рис. 2 приведены статистические данные относительно динамики отключений потребителей от централизованного отопления по годам.

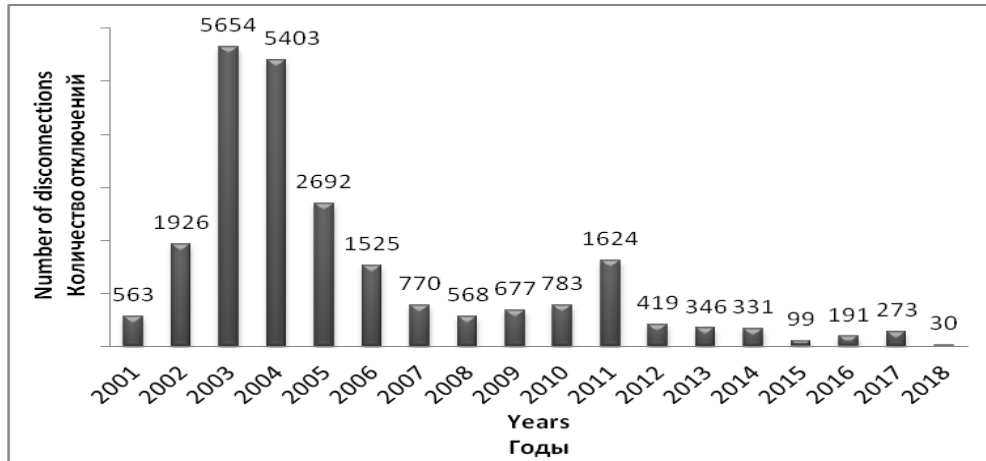


Рис.2. Динамика отключений потребителей от ЦСОТЭ и установок АОК.²

Из рис. 2 видно, что в период 2003 – 2004 имели место массовые отключения квартир от централизованного отопления их число, достигая 5000 – 6000 за год. Начиная с 2004 года, их количество стало уменьшаться, благодаря росту в основном качества централизованного отопления, но и за счет ограниченной пропускной способности системы низкого давления природного газа. Следовательно, для того чтобы количество отключений квартир от централизованного отопления стремилось к нулю в местах доступных для подключения, надо чтобы ЦСОТЭ поставляло тепло на качественно высоком уровне, с возможно-

стью регулировать подачу и вести учет потребленной энергии. На рис. 3 изображена статистика отключений по секторам муниципия. Цифры немного отличаются, лишь ввиду того, что сектора отличаются сами по себе, количеству домов и топологии газовой системы. Но в основном, общее значение плотности такого количества одинаково. Сильней выделяется сектор пригородов, с меньшей долей отключений, из-за сравнительно низкого уровня газификации и использования в частных домах отопления на твердом топливе.

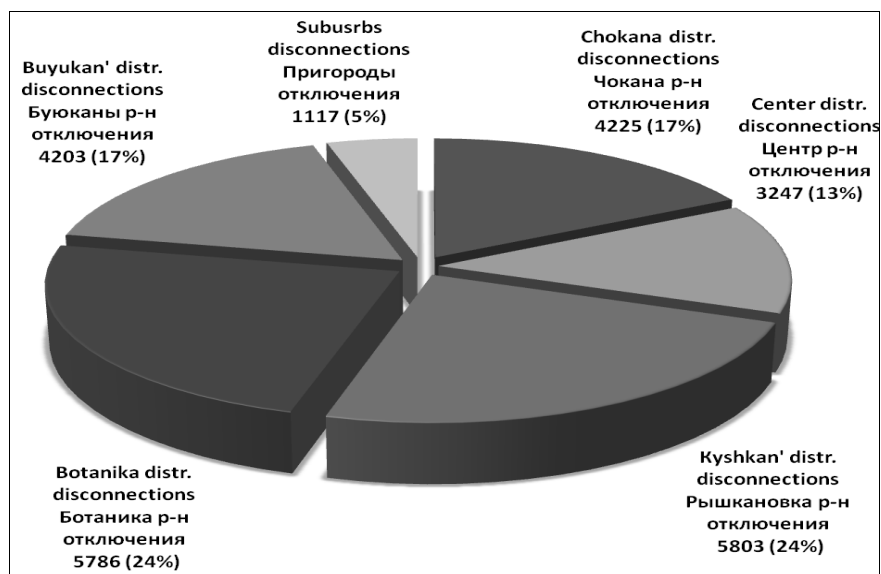


Рис. 3 Распределение отключенных потребителей от ЦСОТЭ и установок АОК по секторам³

Другим тревожным фактором в оценке влияния АОК на окружающую среду и здоровье граждан является растущее число недавно построенных зданий с установленными в квартирах индивидуальными газовыми котлами. По данным, представленных Национальным Бюро Статистики (НБС), за период 2005-2017 гг. общая площадь сданных в эксплуатации квартир достигла 5453 тыс. м², эволюция роста которой приведена на рис. 4. Анализ

этих данных позволяет сделать вывод, что площадь новых квартир еще в 2006 г. превысила площадь отключенных от централизованного отопления (рис. 2), а меньше года назад эта цифра превысила площади отключенных квартир от централизованного отопления примерно в 6 раз. Следовательно, получим сопутствующий рост выбросов в том же ритме.

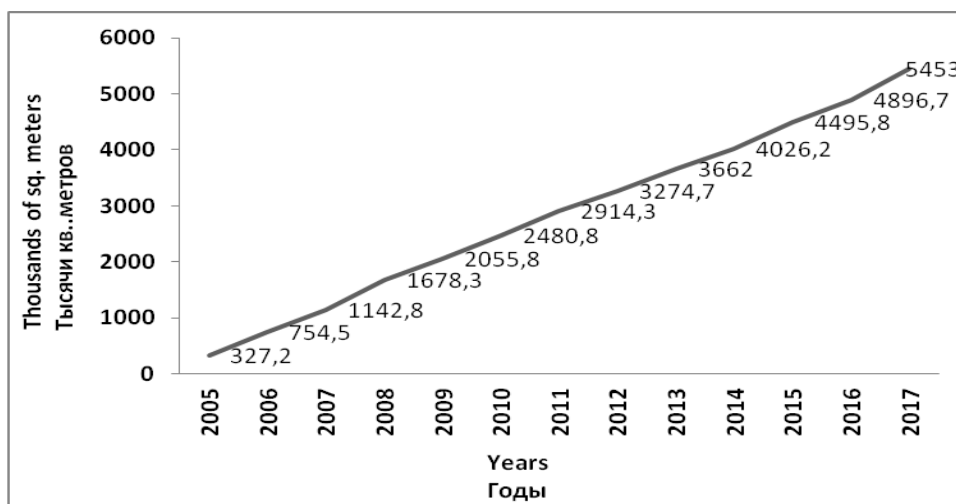


Рис.4. Рост недавно построенной жилой площади в муниципии Кишинев⁴.

Следует отметить, что за последние 3 года во всех секторах Кишинева потребление количества тепловой энергии выросло. Наибольший рост был замечен в зданиях социального назначения и у экономических агентов – на 24%. Это свидетельствует о позитивных тенденциях процессов восстановления работы централизованной системы отопления, и об увеличении тепловой нагрузки.

V. ОЦЕНКА ДОЛИ ВЫБРОСОВ ОТ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО И ИНДИВИДУАЛЬНОГО СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

В муниципии Кишинев 70% от общей доли потребляемой тепловой энергии обеспечивается централизованной системой. Этот факт служит базисом для выполнении настоящей работы по сравнению данных о выбросах от индивидуального отопления. С такой целью, были использованы данные связанные с выбросами, предоставленными А.О. "Термоэлектрика", а выбросы от сегмента индивидуального отопления были вычислены на основании факторов эмиссии. Согласно Отчету о защите атмосферного воздуха №1 за

период 2017 были зарегистрированы выбросы в количестве 1086278 тонн [18]. Они включают в себя вещества, загрязняющие атмосферу, из которых твердые вещества 3052 тонн/год. Из всего количества загрязняющих выбросов практический интерес представляют три из них: окись углерода – 436667 тонн/год; окись азота – 598993 тонн/год и окись серы - 0,29 тонн/год. Распределение выбросов по процентному соотношению представлено на рис. 5. Диаграмма указывает на тот факт, что максимальная доля вредных выбросов приходится на окись углерода (CO) и, соответственно, окись азота (NOx). Но наряду с загрязняющими выбросами существуют и выбросы с парниковым эффектом. В соответствии с определениями Киотского протокола существуют парниковые газы прямого и косвенного эффекта. С прямым эффектом это: Двуокись углерода (CO₂); Метан (CH₄); Двуокись азота (N₂O); Углефторороды (HFCs); Перфторуглероды (PFCs); Шестифтористая сера (SF₆); Трифторид азота (NF₃).

⁴Appendix 1

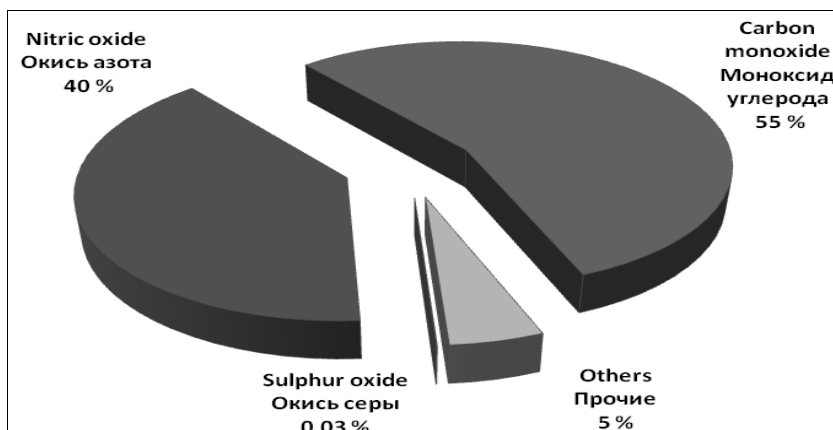


Рис.5. Процентное распределение выбросов газов с парниковым эффектом от теплоэнергетического сектора Кишинев по компонентам⁵.

Парниковые газы косвенного эффекта принято считать: Окиси азота (NO_x); Окись углерода (CO); Неметаллические летучие органические соединения (НЛОС); Двуокись серы (SO₂). Несмотря на то, что количества выброшенных газов с косвенным эффектом невелико, их влияние на изменение климата более ощутимо, что обусловлено большому потенциалу глобального потепления. Сравнение вариантов относительно выбросов для одной квартиры подключенной к централизованному отоплению было выполнено на основе удельного потребления

тепловой энергии, произведенной ЦСОТЭ и соответственно АОК, которую в свою очередь получили, зная потребление природного газа. В качестве критерия для сравнения было выбрано количество выбросов, произведенных при обогреве 1 м² площади. Таким образом, распределение выбросов в жилом секторе, отапливаемом централизованно в Кишиневе в абсолютных величинах, а также для отдельной квартиры показано на рис. 6.

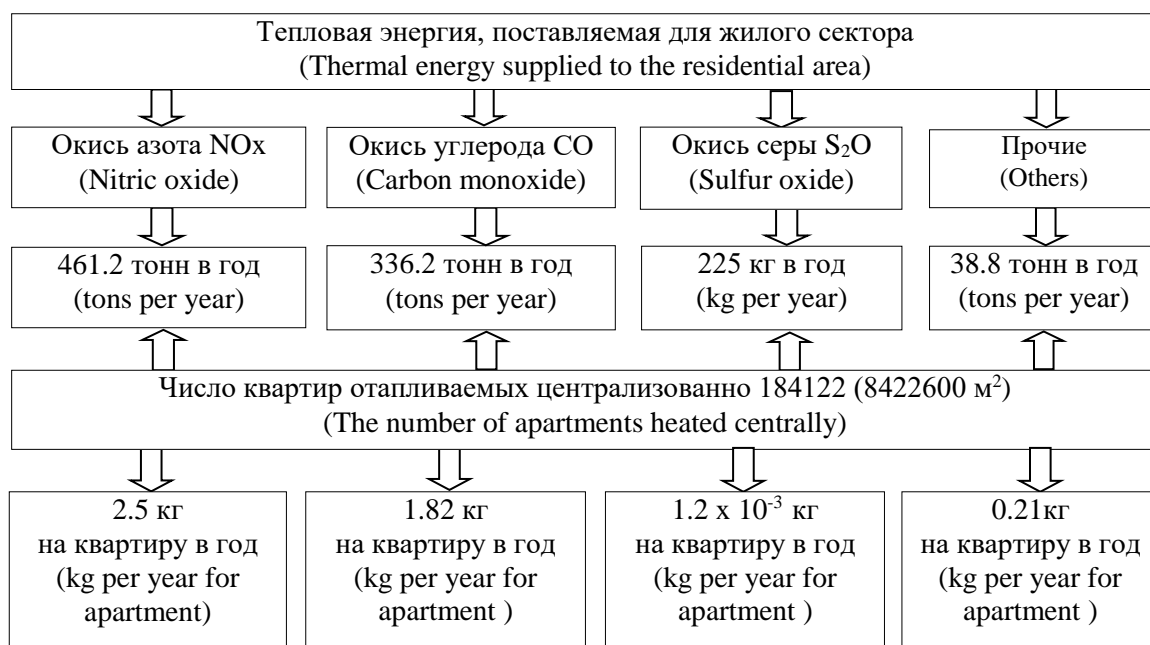


Рис.6. Поквартирное распределение выбросов от теплоэнергетического сектора⁶.

Выбросы были вычислены на основе принятых в мире факторов эмиссии, CO₂: 56100 кг/ТДж; CH₄: 1.0 кг/ТДж и N₂O: 0.1 кг/ТДж [13]. Данные о количестве выбросов парни-

ковых газов от теплоэлектростанций ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 в Кишинев представлены в таблице 1. Если рассматривать данные об экономической деятельности 2017 г., то количество

^{5,6}Appendix 1

природного газа использованных в жилом секторе для отопления составляет 142936681 м³ за год. Эта цифра выведена путем вычислений на основе методологий расчета тарифов на тепловую и электроэнергию, установленной Национальным агентством по регулированию в энергетике в Республике Молдова (НАРЭ) [19]. Соответственно, данное количе-

ство эквивалентно энергетической величине равной 4222.53 ТДж в год, а количество выбросов CO₂ соответствует 236883.93 тонн. Отношение такого количества выбросов на суммарную жилую площадь позволит получить удельное значение выбросов на единицу площади в 28 кг CO₂ на один м² в год.

Таблица 1.7

Данные о потреблении тепловой энергии и о выбросах за 2017 год.⁸

Количество квартир, подключенных к централизованной системе (Number of apartments connected to a centralized system)	184122
Количество квартир, отключенных за период 2001-2017 (Number of apartments disconnected for the period 2001-2017)	24350
Количество зданий общественного пользования (Number of public buildings)	2346
Площадь отапливаемого жилого фонда централизованно, м ² (Centrally heated residential area, m ²)	8422600
Площадь отключенных квартир, м ² (Disconnected apartments area, m ²)	869159
Потребление природного газа, м ³ (Consumption of natural gas, m ³)	142936681
Тепловая энергия, поставленная жилому фонду, ТДж (Thermal energy supplied to the residential area, TJ)	4222.53
Тепловая энергия, поставленная общественным зданиям, ТДж (thermal energy supplied to the public buildings, TJ)	1163.1
Выбросы CO ₂ , тонн в год (Emissions CO ₂), tons per year	236883.93
Выбросы CH ₄ , тонн в год (Emissions CH ₄), tons per year	4.22
Выбросы N ₂ O, тонн в год (Emissions N ₂ O), tons per year	0.42
Удельные выбросы CO ₂ на м ² в год, кг (Specific emissions CO ₂ for m ² per year, kg)	28.12
Удельные выбросы CH ₄ на м ² в год, г (Specific emissions CH ₄ for m ² per year, g)	0.5
Удельные выбросы N ₂ O на м ² в год, кг (Specific emissions C ₂ O for m ² per year, kg)	0.05

Информация, представленная А.О. "Термоэлектрика" показывает, что общая площадь, отапливаемая централизованно равна 8422600 м², а индивидуальным 869159 м². Отношение количества энергии к суммарной обогреваемой площади представляет удельное потребление для обогрева единицы площади, и равняется 501.3 МДж на м² в год для централизованного отопления. Для определения среднего удельного потребления тепловой энергии в

отключенных от ЦОПТЭ квартир были анализированы четыре типовых здания из муниципия Кишинев. Они отличаются своими конструктивными особенностями и энергетическими характеристиками. Данные о потреблении энергии за 2017 г. и индивидуальные параметры зданий приведены в таблице 2, анализ которых позволяет вычислить среднее удельное потребление. Для выбранных зданий оно составляет 450 МДж на м² в год.

Таблица 2.⁹

Потребление тепловой энергии в домах, которые используют преимущественно индивидуальное отопление.¹⁰

Наименование объекта (Object name)	Потребление тепла, ГДж (Consumption of heating, GJ)	Площадь объекта, м ² (Area of the object, m ²)	Удельное потребление тепла Q, ГДж /м ² в год (Specific consumption of heating, GJ/m ² per year)
ул. Костюжень, 8/5 (8/5 Kostyuzhen' str.)	1278.29	2202.8	0.58
ул. Костюжень, 8/4 (8/4 Kostyuzhen' str.)	1519.44	2494.6	0.609
ул. Пандурилоп 54 (54 Pandurilor str.)	468.94	1179	0.4
ул. Пандурилоп 52 (52 Pandurilor str.)	406.14	1894	0.21

Примем допущение, что большинство из этого списка квартир используют для отопления трубы, которые проходят транзитом и отапливают и другие площади из этих зданий. В результате уменьшим на 10% площади, отапливаемые при помощи АОК. Результаты расчетов показывают, что для того чтобы отапливать квартиры отключенные от централизованной системы и тех что используют автономное отопление необходимо вы-

работать количество тепловой энергии равной 360.36 ТДж. Принимая КПД автономных котлов равным 0.9, данное количество энергии становится равным 324.32 ТДж. Удельные выбросы CO₂ которые приходятся на использование АОК составляют 23.26 кг/м² в год, что на 17% меньше, чем в случае использования централизованного отопления, т.е. 28.12 кг/м² в год. Данные приведены в таблице 3.

Таблица 3.¹¹

Данные удельных выбросов при использовании индивидуального отопления.¹²

Количество тепловой энергии, произведенной индивидуально, ТДж (The amount of individual thermal energy produced individually)	360.36
Количество тепловой энергии на входе АОК, ТДж (The amount of thermal energy at the input of individual thermal unit, TJ)	324.32
Выбросы CO ₂ суммарные для АОК, тонн (Total emissions of CO ₂ for individual thermal unit, tons)	20216.2
Выбросы CO ₂ от АОК, кг на м ² в год (Emissions of CO ₂ from individual thermal unit on m ² per year)	23.26
Электроэнергия, импортированная в результате неиспользования когенерации, ТДж (Electricity imported as a result of not using cogeneration, TJ)	186.95
Дополнительные выбросы вследствие импорта электроэнергии, тонн (Additional emissions due to the imports of electricity, tons)	24200.32
Выбросы CO ₂ суммарно от АОК, кг/м ² , годовое (Total emissions of CO ₂ from individual thermal unit per year, kg/m ²)	51.10

Принимая во внимание, что тепловая энергия не произведена в режиме когенерации, то на данное количество приходится импортировать электроэнергию равную приблизительно в 186.95 ТДж ежегодно. В результате использования индивидуального отопления удельные выбросы CO₂ эквивалентны 51.10 кг/м² в год, или достигли величины в 28% больше чем при централизованном отоплении. В случае отопления всей жи-

лой площади от централизованной системы (обратное подключение отключенных квартир) количество выбросов стало бы на 24200.32 тонн меньше, чем в существующей ситуации. В таблице 4 собраны данные, полученные при использовании вышеприведенной методике, для случаев централизованного отопления и индивидуального, в отдельности с учетом и без учета использования когенерации.

Таблица 4.¹³

Общее количество выбросов, включающие рассмотренные в работе компоненты.¹⁴

Компоненты выбросов (Components of emissions)	Централизованное отопление (Centralized heating)	Индивидуальное отопление без учета когенерации (Individual heating without considering cogeneration)	Индивидуальное отопление с учетом когенерации (Individual heating considering cogeneration)
CO ₂ , тонн в год (tons per year)	236883.93	20216.2	44416.52
CH ₄ , тонн в год (tons per year)	4.22	0.32	0.83
N ₂ O, тонн в год (tons per year)	0.42	0.03	0.08

Используя данные приведенные вначале работы о процентном соотношении выбросов, получим выбросы NO_x и CO, также по каждому сектору муниципия, рис. 7.

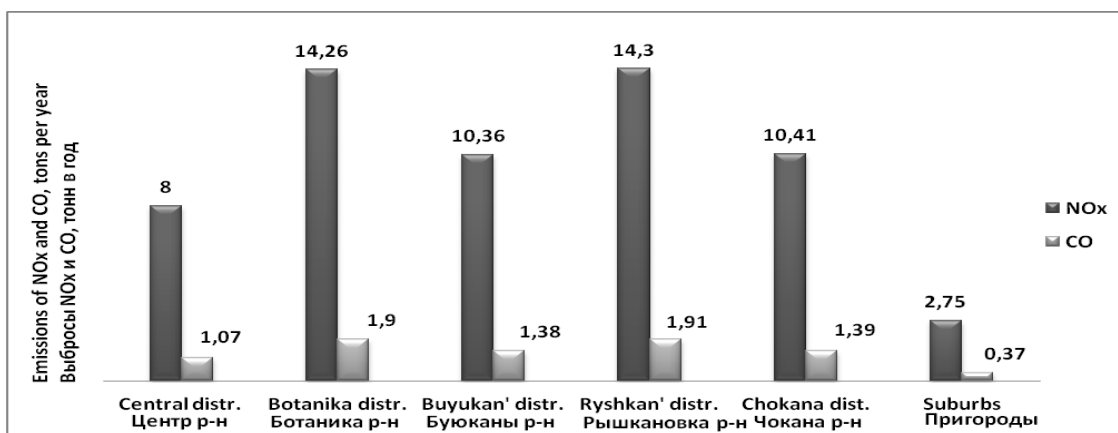


Рис.7. Распределение выбросов NO_x и CO по секторам муниципия Кишинев¹⁵

Сравнительные данные выбросов от квартир, отключенных от централизованной системы, а также от жилой площади отапливаемой централизованным поставщиком и квартир

новостроек, которые используют индивидуальное отопление (АОК) представлены на рис. 8.

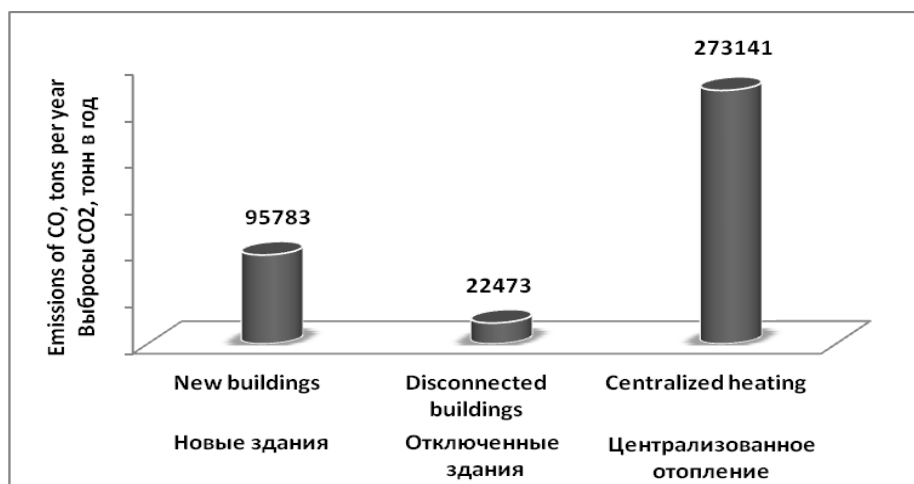


Рис.8. Выбросы от новых и отключенных зданий и от зданий с централизованным отоплением¹⁶

Ситуация тревожная и заставляет задуматься. Для приблизительных расчетов примем, что лишь 50% от данной площади заселена. Новые здания, по сравнению со старым жилым фондом имеют улучшенные энергетические показатели. Удельный расход энергии в таких

домах находится на уровне 288 МДж/год. На рис. 9 представлены выбросы, генерированные АОК в новых квартирах и тенденции роста этих показателей к 2024 году, на момент времени, когда все квартиры будут заселены, не учитывая строительство новых домов.

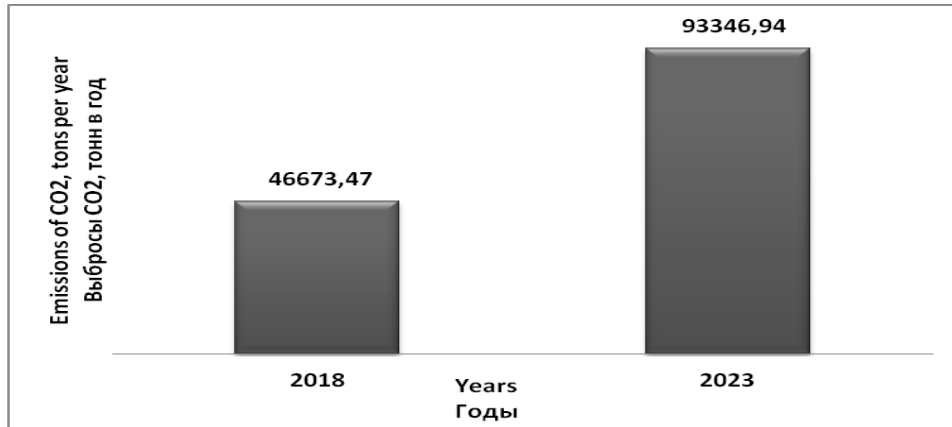


Рис.9. Выбросы CO₂, генерированные АОК в новых домах¹⁷

Выводы

Анализ ситуации на примере муниципия Кишинев показал, что с точки зрения защиты окружающей среды и здоровья граждан использование индивидуальных газовых котлов уступает централизованному отоплению. Основной результат работы заключается в выявлении увеличенной удельной доли выбросов при индивидуальном отоплении. Используя приведенные в работе количественные характеристики, можно сравнить годовое количество вредных выбросов от одного АОК, которое отапливает жилье площадью в 50 м² с количеством выхлопных газов от легкового автомобиля с пробегом 10000 км за год [18]. Не говоря уже о больших транспортных единицах, использующие дизельное топливо. Учитывая недополученную долю электроэнергии, не используя процесс когенерации, эти выбросы удваиваются, и приходится сравнивать с выбросами от двух автомобилей. Для секвестрации данного количества выбросов понадобятся 15 посаженных деревьев вблизи источника загрязнения. Следовательно, продвижение концепции отопления с использованием индивидуального оборудования в местах плотного проживания, где доступно обеспечение тепловой энергии от централизованной системы должно считаться неприемлемой. Тепловая энергия должна вырабатываться вдали от жилых и служебных помещений, так как она производится путем сжигания определенного вида топлива, чаще

всего природного газа. Из вышеперечисленных соображений в подобной ситуации целесообразно проводить "возврат" отключенных потребителей к централизованной системе отопления. Данные заключения указывают на необходимость усовершенствования законодательства в экологии и строительстве с целью ограничения использования индивидуального отопления в густонаселенных секторах городов. Необходимо отметить, что данная работа относится лишь к жилым зданиям в муниципии Кишинев. С целью получения более полной картины, отображающей состояние теплоэнергетического сектора, исследования будут продолжены также и для зданий социального назначения, где наблюдаются аналогичные тенденции неаргументированного перехода на другие виды отопления.

Appendix 1

¹Fig.1. The statistics of incidents in mun. Chisinau due to improper exploitation of home gas equipment for 2008-2018 years.

²Fig.2. The dynamics of disconnections of consumers from the district heating system and installation of the individual thermal units.

³Fig.3. The distribution of disconnected consumers from district heating system and installation of individual thermal units by sectors.

⁴Fig.4. The growth of newly built living space in mun. Chisinau.

¹⁷Appendix 1

⁵**Fig.5.** The Percentage distribution of greenhouse gas emissions from the heat and power sector of Chisinau by component.

⁶**Fig.6.** The apartment-specific distribution of emissions from the heat and power sector.

^{7,8}**Table 1.** The data on heat consumption and emissions for 2017.

^{9,10}**Table 2.** The heat consumption in buildings that use predominantly individual heating

^{11,12}**Table 3.** The data on specific emissions in case of use of individual heating.

^{13,14}**Table 4.** Total profile of emissions for components analyzed in the paper.

¹⁵**Fig.7.** The distribution of NOx and CO emissions by sector mun. Chisinau.

¹⁶**Fig.8.** Emissions from new and disconnected buildings and from buildings with centralized heating.

¹⁷**Fig.9.** The CO2 emissions generated by individual heating in new buildings.

Литература (References)

- [1] Babich S.V., Davydov V.O. Analiz ekonomicheskoy effektivnosti sistem teplosnabjenia gorodskikh rayonov [Analysis on economic efficiency of the district thermal energy supply systems]. UDK 681.5:658.264.003.13. *Pratsi Odesikogo Politekhnichnogo universitetu*, 2014.Vyp.1 (43). ISSN 2076-2429 (print). ISSN 2223-3814 (on line). DOI: 10.15276/opu.1.43.2014.24(In Russian).
- [2] Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repeating Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC.
- [3] Jiang X.S., Jing Z.X., Li Y.Z., Wu Q.H., Tang W.H. Modeling and operation optimization of an integrated energy based direct district water-heating system. / *Energy* - 2014. - Vol.64. - pp. 375 - 388.
- [4] Verda V., Guelpa E., Kona A., Lo Russo S. Reduction of primary energy needs in urban areas through optimal planning of district heating and heat pump installations /*Energy*. - 2012. - Vol. 48. - pp. 40 - 46.
- [5] Cao Bin, Zhu Yingxin, Quyang Qin, Li Min, Individual and district heating: A comparison of residential heating modes with an analysis of adaptive thermal comfort / *Energy and Buildings* / ISSN 0378-7788.
- [6] Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. UNITED NATIONS. Sustainabledevelopment.un.org.
- [7] Behnaz Rezaie, Marc A. Rosen, Bale V. Reddy. District heating and cooling: Review of technology and potential enhancement. The 5th International Green Energy Conference (IGEC-V). 2010. Available at: https://www.researchgate.net/publication/265380470_District_heating_and_cooling_Review_of_t
https://www.researchgate.net/publication/265380470_District_heating_and_cooling_Review_of_t
- [8] Kim Hyo-Jin, Lim Seul-Ye and Yoo Seung-Hoon. The Convenience Benefits of the District Heating System over Individual Heating Systems in Korean Households. *MDPI Open Access Journals. Sustainability*. August 2017.
- [9] Benga Gh., Fowler D., Haiduc I., Năstase I. Efecte negative multiple ale inlocuirii sistemelor centralizate de încălzire a blocurilor de locuințe din România cu dispozitive termice individuale alimentate cu gaz natural (microcentrale “de apartament”, convectoare etc.) [Multiple negative effects of the replacement of centralized heating systems in residential houses in Romania with individual heating units], Editia a 2-a (revăzută și adăugită), Editura medicală universitară “Iuliu Hațieganu”, Cluj-Napoca, 2004. (in Romanian)
- [10] Schlatter C., Environmental pollution and human health. *Science of the Total Environment*, 1994, 143, 93-101.
- [11] Breindl D., Pollak S., A gas water heater as a means of suicide, *Beitrage Zur Gerichtlichen Medizin*, 1989, 47, 649-655.
- [12] Green E., Short S., Shuker L.K., Harrison P.T.C., Carbon monoxide exposure in the home environment and the evaluation of risks to health – A UK perspective, *Indoor and Built Environment*, 1999, 8, 168-175.
- [13] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Available at: <https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/> (accessed 10.04.2019).
- [14] Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on an EU Strategy for Heating and Cooling. Brussels, 16.2.2016 SWD(2016) 24 final PART 1/2. Available at: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_EN_autre_document_travail_service_part_1_v6_0.pdf (accessed 10.04.2019).
- [15] Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe.
- [16] Decision of the Government of Republic of Moldova Nr. 1470 from 30.12.2016 on the approval of the Strategy of development of the Republic of Moldova with mitigated emissions up to 2030 and of the Plan for its implementation. (in Romanian).
- [17] Regulation Act in construction "Thermal, ventilation and for air conditioning installations. Heating of the houses using individual thermal generators working on natural gas, NCM G.04.04-2012" (in Romanian).
- [18] Annual report - 2017. "Protection of the environment in the Republic of Moldova". Ministry of agriculture, regional development and of the environment. Available on: <http://ies.gov.md/wp->

- [co-tent/uploads/2018/06/ANUAR_2017_2018_TIP_OGR.pdf](#) (accessed 11.04.2019) (in Romanian).
- [19] The national regulatory agency for energy. Decision of the Government of Republic of Moldova Nr. 114 from 26.12.2003 on the Methodology for Determining, Approving and Applying tariffs on services provided by energy sector enterprises. Available on: <http://lex.justice.md/index.php?action=view&view=doc&lang=1&id=291343>. (accessed on 20.03.2019) (in Romanian).
- [20] Dediu I. Enciclopedie de ecologie [Encyclopedia of environment]. Academy of Sciences of Moldova. Chişinău: Stiinţa, 2010. 836 p.
- [21] Liu D. L., Nazaroff W. W., Modeling pollutant penetration across building envelopes, Atmospheric Environment, 2001, 35, 4451-4462.
- [22] Schlatter C., Environmental pollution and human health, Science of the Total Environment, 1994, 143, 93-101.
- [23] Breindl D., Pollak S., A gas water heater as a means of suicide, Beitrage Zur Gerichtlichen Medizin, 1989, 47, 649-655.
- [24] Berka I., Mass poisoning by carbon monoxide, Cesk. Hyg., 1978, 23, 478-482.
- [25] Kotamarthi V.R., Gaffney J.S., Marley N.A., Doskey P.V., Heterogeneous NOx chemistry in the polluted PBL, Atmospheric Environment, 2001, 35, 4489-4498.
- [26] McAllister K., Medical Environmental Report. A Review of Potential Health Effects of the Proposed Sable Gas Pipeline Project from the Perspective of Environmentally Induced Illness/Chemical Sensitivity, Asthma and Allergy Prepared as part of an undertaking by the Allergy and Environmental Health Association. Nova Scotia. Intervention Coalition on the proposed Sable Island gas pipeline project, March 1997, Available on: <http://www.geocities.com/RainForest/6847/report1.html> (accessed on 14.12.2018).

Сведения об авторах.



Тыршу Михаил Степанович
Институт Энергетики.
Кандидат технических наук.
Научные интересы связаны с диагностикой высоковольтного оборудования, теплоэнергетикой, энергоэффективностью, развитием возобновляемых источников энергии.
tirsu.mihai@gmail.com



Посторонкэ Святослав Александрович
Институт Энергетики.
Научные интересы связаны с энергоэффективностью, развитием возобновляемых источников энергии, развитием локальной генерации энергии.
sveatoslavpostoronca@gmail.com



Лупу Михаил Леонидович
Институт Энергетики.
Научные интересы связаны с энергоэффективностью, развитием возобновляемых источников энергии, уменьшением выбросов и защитой окружающей среды.
mihu.lupu@gmail.com