

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-5.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/81TVN517.pdf>

Статья опубликована 27.10.2017

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Харламова Н.А. Связь структуры источников теплоты с загрязнением воздушного бассейна // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/81TVN517.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 697.2**

**Харламова Наталья Анатольевна**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»  
Россия, Москва<sup>1</sup>  
Старший преподаватель кафедры «ТГВ»  
E-mail: roverton@mail.ru

## **Связь структуры источников теплоты с загрязнением воздушного бассейна**

**Аннотация.** В данной публикации выполнено сравнение характеристик загрязнения воздушного бассейна теплогенерирующими установками систем теплоснабжения для различных вариантов застройки населенных мест. Проведена оценка качественных и количественных характеристик санитарно-гигиенических показателей загрязнения атмосферного воздуха при различной структуре и размещения теплогенерирующих установок. Сравнение показателей воздействия источников теплоты на состояние окружающей среды при различных архитектурно-планировочных решениях оценивалось с учетом изменения основных структурных факторов, влияющих на состав и мощность теплогенерирующих установок с учетом возможных фоновых загрязнений и произвольной «розы ветров». Структура потребления энергоресурсов в коммунальной теплоэнергетике России ориентирована на использование ископаемых топливных ресурсов. В этой области теплоэнергетики доля возобновляемых и экологически чистых энергоресурсов составляет 0,15-0,25 %, что существенно увеличивает роль вопросов охраны воздушно-водного бассейна от выбросов и стоков РТС, котлов и теплогенераторов систем теплоснабжения населенных мест. Сделан вывод о том, что восьмикратное наложение зон рассеивания при поквартирном теплоснабжении и четырехкратное наложение при коттеджном теплоснабжении обусловлено соответствующей плотностью застройки и должно обязательно учитываться при разработке архитектурно-планировочных концепций и технических решений по теплоснабжению.

**Ключевые слова:** теплогенерирующие установки; планировка; загрязнение атмосферного воздуха

Системы отопления в холодной климатической зоне, где расположено преимущественное количество регионов России, могут потреблять до 60-80 % тепловой

---

<sup>1</sup> 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

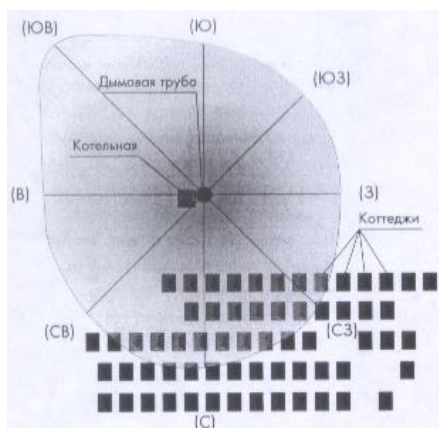
нагрузки коммунального сектора, а использование на эти цели альтернативных источников (в основном сезонного применения) практически невозможно<sup>2</sup>.

Топливные ресурсы и масштабная газификация страны обеспечивает на длительный период перспективу расширения количества потребителей в населенных местах, самым экологически чистым и эффективным энергоресурсом – сетевым природным газом. Тем не менее состояние воздушного бассейна в ряде населенных мест уже характеризуется значениями фоновых загрязнений  $C_{фи}$  близкими к  $ПДК_i$ <sup>3</sup> [1, 2, 3].

Рассматривая все факторы, влияющие на значения предельных концентраций характерных для продуктов сгорания загрязняющих веществ, необходимо учитывать структуру и расположение (степень централизации) теплогенерирующих установок, оценивать их взаимное влияние, сориентировать застройщика при принятых архитектурно-планировочных решениях.

Для расширения области сравнения выбрано три варианта теплоснабжения застройки различных типов при идентичных климатических условиях.

1. Централизованная от одной ТГУ, поусадбной застройки, на газообразном топливе.



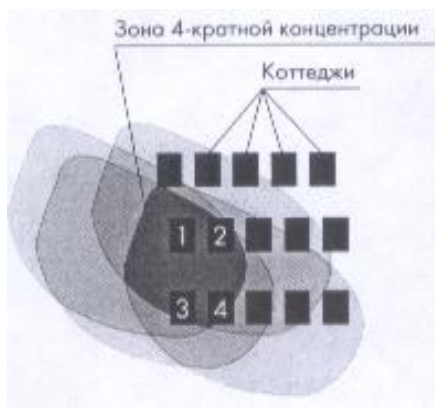
**Рисунок 1.** Рассеивание вредностей для 1 варианта (рисунок автора)

2. Централизованная от автономных котлов, поусадбной застройки, на газообразном топливе.

<sup>2</sup> ОДН-86. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.

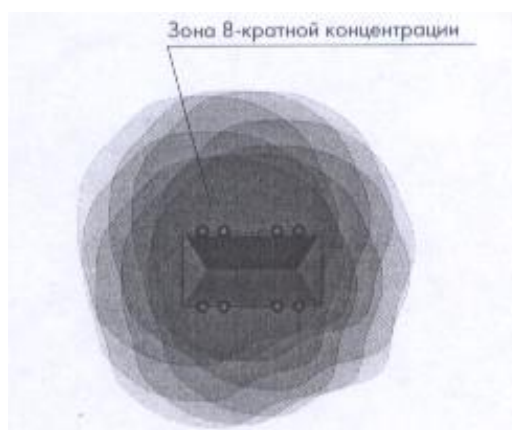
Законы Российской Федерации. Федеральный закон об охране окружающей среды – М.: Омега-Л, 2013. – 42 с.

<sup>3</sup> Гигиенический норматив. ГН 2.1.6.1338-03 (с изменениями). Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.



**Рисунок 2.** Рассеивание вредностей для 2 варианта (фрагмент застройки) (рисунок автора)

3. Поквартирное теплоснабжение от двухконтурных теплогенераторов в квартире, для 2-5-ти этажных двухподъездных домов.



**Рисунок 3.** Рассеивание вредностей для 3 варианта (фрагмент застройки) (рисунок автора)

Во всех случаях, рассматривается новый район строительства с разнотипной застройкой на одно и то же население с одинаковым количеством семей. Учтено, что нормами расхода теплоты на отопление и ГВС поусадбная застройка, часто с учетом хозяйственной деятельности, требует более мощные ТГУ, чем в многоквартирном здании.

Сопоставляя указанные варианты наибольший интерес представляют общие показатели и характеристики экологических показателей не рассматривая количественные, а выделяя качественные аспекты<sup>4</sup> [2].

Качественное исследование при решении поставленных вопросов предполагает следующие допущения:

- вид топлива не определяет качественные показатели, однако при многоэтажной застройке возможны применение только природного сетевого газа;

---

<sup>4</sup> ОДН-86. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987.

Global wind 2007 Report. GWEC-Global wind energy journal. Brussels, 2008.

СТО НОСТРОЙ 2.15.3-2011 Устройство систем отопления, горячего и холодного водоснабжения. – М. Национальное объединение строителей, 2011.

- расчетная мощность котлов и теплогенераторов определяется в соответствии с нормами потребления и будет разной для различных типов зданий, в частности при поусадобной застройке учитываются расходы на ведение подсобного хозяйства.

Максимальная приземная концентрация  $i$  компоненты вредных выбросов<sup>5</sup> рассчитывалась:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}$$

где:

$A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

$M$  – масса вредных выбросов  $i$  компоненты, кг/с;

$F$  – коэффициент учитывающий скорость оседания вредных веществ;

$m$ ;  $n$  – коэффициенты учитывающие условия выхода продуктов сгорания из дымовой трубы;

$H$  – высота дымовой трубы, м;

$\Delta T$  – разность температур;

$V$  – объем удаляемых продуктов сгорания.

В соответствии с<sup>6</sup> [1] при оценочных расчетах можно сделать ряд допущений:

- суммарная токсичная кратность  $K_\Sigma$  различных загрязняющих веществ при пересечении границ рассеивания, может рассчитываться как аддитивная величина путем сложения расчетных величин  $K_i$  при наиболее неблагоприятных условиях по наибольшим значениям приземных  $C_i$  концентраций, с учетом фоновых  $C_{\phi i}$ :

$$K_\Sigma = \sum_{i=1}^n K_i = \sum_{i=1}^n \frac{C_i + C_{\phi i}}{ПДК_i},$$

где:

$K_\Sigma$  – суммарная токсичная кратность;

$ПДК_i$  – предельная допустимая концентрация загрязнения, мг/м<sup>3</sup>;

---

<sup>5</sup> ОДН-86. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеоздат, 1987.

<sup>6</sup> ОДН-86. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеоздат, 1987.

Energy, Technology, Perspectives 2008. Scenarios and strategies to 2050. International energy agency. OECD/IEA, 2008.

Гигиенический норматив. ГН 2.1.6.1338-03 (с изменениями). Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

$C_i$  – концентрация  $i$ -го компонента, мг/м<sup>3</sup>;

$C_{\phi i}$  – фоновая концентрация  $i$ -го компонента, мг/м<sup>3</sup>.

- расчет всех показателей по вредным выбросам осуществляется для расчетного режима работы теплогенерирующего оборудования при максимальной нагрузке;
- при сжигании природного газа сравнение осуществляется для составляющих вредных выбросов в продуктах сгорания (оксид углерода, оксид азота, бенз(а)пирена), с учетом соответствующих фоновых концентраций  $C_{\phi i}$  вредных веществ;
- оценка влияния ветровой нагрузки на изменение концентрации зон рассеивания (например, рис. 1) основывается на восьмирумбовой “розе ветров”.

Расчет расстояния от домового трубы  $X$  м. на котором при неблагоприятных метеорологических условиях приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения производилась по рекомендациям<sup>7</sup>. В качестве основных характеристик теплогенерирующих установок и условий рассеивания соответствующими дымовыми трубами в принятых вариантах застройки принимались установочные мощности источника теплоты и необходимые параметры дымовых труб<sup>8</sup>.

Для варианта 1 (по п. 1), при использовании централизованного источника теплоты, общая расчетная мощность котельной составила 6,0 МВт с отдельно стоящей общей дымовой трубой высотой 30 м, диаметром 0,81 м (при варианте установки котлов VitoplexS (Viessmann)).

Для варианта 2, при коттеджной застройке принят автономный, напольный, водогрейный котел ACV “Heat Master” мощностью 64 кВт (80 коттеджей – общая мощность 5,12 МВт) с индивидуальной дымовой трубой в каждом коттедже высотой 8 м, диаметром 160 мм.

Для варианта 3, при поквартирном теплоснабжении многоэтажного здания, использовался двухконтурный настенный котел (термоблок) SD235E ISOFAST расчетной мощностью 32 кВт (суммарная мощность источников 2,56 МВт). Дымоудаление организовано через коллективные дымовые трубы, с подключением на одном этаже по одному котлу, то есть четыре трубы на секцию здания. Для одной коллективной трубы на 5 котлов, высота 18 м, диаметр устья 220 мм. Количество труб на здание – 8 шт., общее количество труб (на два здания) – 16 шт. Расчет производится для одного здания (рис. 3).

Для принятых исходных данных основные результаты расчетов, для европейской зоны России, при температуре “холодной пятидневки”  $t_{x5} = -23$  °С и расчетной летней  $t_{л} = +23$  °С<sup>9</sup>, сгруппированы в таблицу 1, а их качественная графическая обработка иллюстрируется на рис. 1-3.

<sup>7</sup> Energy, Technology, Perspectives 2008. Scenarios and strategies to 2050. International energy agency. OECD/IEA, 2008.

<sup>8</sup> Global wind 2007 Report. GWEC-Global wind energy journal. Brussels, 2008.

<sup>9</sup> СТО НОСТРОЙ 2.15.3-2011 Устройство систем отопления, горячего и холодного водоснабжения. – М. Национальное объединение строителей, 2011.

СП 131.13330.2012 «Строительная климатология и геофизика». – М.: Госстрой 2012 – 109 с.

**Таблица 1**

**Основные результаты сравнительных расчетов**

№	Показатель	Централизованный источник	Поквартирный источник	Коттеджная застройка
1	Мощность, кВт: единичная/количество суммарная	2000/3 6000	32/5 (80 котлов) 2560	64/80 5120
2	Годовой отпуск теплоты МДж/г	$9.29 \cdot 10^7$ ( $2.57 \cdot 10^7$ )	$3.96 \cdot 10^7$ ( $1.1 \cdot 10^7$ )	$7.93 \cdot 10^7$ ( $2.2 \cdot 10^7$ )
3	Дымовая труба высота, м количество труб, шт. диаметр устья, мм	30 1 800	18 16 220	8 80 160
4	Расход природного газа, м <sup>3</sup> /с	0.181	На одну трубу 0.004263	0.00224
5	Расход продуктов сгорания на выходе на выходе из дымовой трубы, м <sup>3</sup> /с	4.25	0.117	0.047
6	Расчетные значения выбросов от одного источника, г/с: оксиды углерода оксиды азота бенз(а)пирен	3.4 0.34 $0.8 \cdot 10^{-7}$	На одну трубу 0.084 0.00716 $0.02 \cdot 10^{-7}$	0.0336 0.00376 $0.01 \cdot 10^{-7}$
7	Масса выбросов г/кВт·ч: CO NO <sub>x</sub> бенз(а)пирен	$5.7 \cdot 10^{-4}$ $5.7 \cdot 10^{-5}$ $1.4 \cdot 10^{-11}$	$4 \cdot 10^{-4}$ $4.5 \cdot 10^{-5}$ $1.25 \cdot 10^{-11}$	$5.25 \cdot 10^{-4}$ $5.7 \cdot 10^{-5}$ $1.6 \cdot 10^{-11}$
8	Годовая масса вредных выбросов тыс. кг/год CO NO <sub>x</sub> бенз(а)пирен	14.71 1.47 $5.06 \cdot 10^{-4}$	4.4 0.495 $1.38 \cdot 10^{-4}$	11.55 1.3 $3.52 \cdot 10^{-4}$
9	Максимальные приземные концентрации, мг/м <sup>3</sup> CO NO <sub>x</sub> бенз(а)пирен	0.046 0.0046 $1.16 \cdot 10^{-9}$	0.009551 0.00107 $6.3 \cdot 10^{-10}$	0.02122 0.00237 $6.3 \cdot 10^{-10}$
10	Суммарная токсичная кратность для одного источника выбросов	0.125	0.071	0.090
11	Расстояние до зоны максимальных концентраций от источника выбросов	414.4	104	55.8
12	Количество наложений зон рассеивания для принятого архитектурно-планировочного решения	-	8	4
13	Возможная локальная максимальная суммарная токсичная кратность с учетом наложения зон рассеивания	0.12	0.576	0.376

Сравнительные расчеты и сопоставления полученных количественных характеристик по загрязнению атмосферного воздуха позволяют выявить и основные качественные показатели рассматриваемых технических решений. Предложенные архитектурно-планировочные решения по застройке жилого района предполагают некоторые отличия в условиях проживания (многоэтажное здание или коттедж). Важно отметить существенное уменьшение суммарной установленной мощности источников теплоты (табл. 1, п.1 – на 3,44 МВт), что приводит к снижению общей массы выбросов для многоэтажной застройки более чем в два раза (табл. 1, п.8), допуская, что котлы имеют близкие экологические показатели работы. Сопоставляя суммарные приземные токсичные кратности вредных выбросов (табл. 1, п.10) от одной

дымовой трубы высотой 30 м, при централизованном теплоснабжении можно отметить что уменьшение мощности несмотря на уменьшение высоты коллективной дымовой трубы высотой 18 м приводит к минимальному загрязнению (при пятиэтажной застройке, на 5 котлов, табл. 1, п.10) [2].

Вместе с тем сравнение наложения зон рассеивания от всех источников загрязнения (табл. 1, п.12) показывает, что децентрализованное (в том числе поквартирное) теплоснабжение уступает по экологическим показателям централизованному расположению источника теплоты (табл. 1, п.13).

Расчеты показывают, что изменение зон рассеивания при учете «розы ветров» не существенно влияет на качественную картину, а по количественным характеристикам при использовании природного газа и умеренных фоновых концентрациях санитарные показатели загрязнения атмосферного воздуха весьма далеки от предельных значений [1]<sup>10</sup>.

Отсутствие наложения зон рассеивания центральной котельной обуславливает наименьшее загрязнение воздушного бассейна по максимальной суммарной приземной токсичной кратности, даже при существенно больших значениях установленной мощности источника теплоты (табл. 1, п.13).

Конечно, приведенное сравнительное исследование имеет оценочный характер и выполнено с рядом допущений. Однако, важным представляется вывод о том, что восьмикратное наложение зон рассеивания при поквартирном теплоснабжении и четырехкратное наложение при коттеджном теплоснабжении обусловлено соответствующей плотностью застройки и должно обязательно учитываться при разработке архитектурно-планировочных концепций и технических решений по теплоснабжению.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Новгородский Е. Е. и др. Комплексное энерготехнологическое использование газа и охрана воздушного бассейна. – М.: Дело, 1997 – 368 с.
2. Хаванов П. А. Источники теплоты автономных систем теплоснабжения: монография. МГСУ, 2014. – 208 с.
3. Беликов С. Е. Малые котлы и защита атмосферы. Снижение вредных выбросов при эксплуатации промышленных и отопительных котельных / С. Е. Беликов, В. П. Котлер. – М, Энергоатомиздат / 1996. – 125 с.

---

<sup>10</sup> Гигиенический норматив. ГН 2.1.6.1338-03 (с изменениями). Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

**Kharlamova Natal'ya Anatol'evna**

National research Moscow state university of civil engineering, Russia, Moscow  
E-mail: roverton@mail.ru

## **The connection structure of heat sources with air pollution**

**Abstract.** In this publication the comparison of the characteristics of air pollution in heat-generating installations of heating systems for different building options in residential areas. The evaluation of qualitative and quantitative characteristics of the sanitary-hygienic indices of atmospheric air pollution with different structure and placement of thermal generating plants. Comparison of the effects of heat sources on the state of the environment at different architectural and design solutions were evaluated taking into account changes of the main structural factors influencing the composition and capacity of the thermal generation plants considering the possible background contamination and arbitrary "rose". The structure of energy consumption in the municipal power system of Russia is focused on the use of fossil fuel resources. In the field of power engineering renewable and clean energy is 0,15-0,25 %, which significantly increases the role of the protection of air and water basin from emissions and effluents RTS, boilers and heat generators of heating systems in residential areas. It is concluded that the eight-time overlay of the zones of dispersion in per-apartment heating and fourfold overlap in the cottage heating is caused by the corresponding density and must be considered in the development of architectural and planning concepts and engineering solutions for the heat supply.

**Keywords:** heat-generating installations; planning; air pollution