



ISSN 1819-432X print / ISSN 1993-3495 online

СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО  
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО  
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

ТОМ 4, N4, 2008, 177-182

УДК 697.32

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАБУДОВИ ТЕРИТОРІЙ ЖИТЛОВИМИ Й ГРОМАДСЬКИМИ БУДИНКАМИ З АВТОНОМНИМИ КОТЕЛЬНЯМИ

**С.Г. Кузнецов, Г.О. Назаров**

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,  
2, вул. Державіна, Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.*

*e-mail: gregory\_nazarov@mail.ru*

*Отримана 12 листопада 2008; прийнята 20 листопада 2008.*

**Анотація.** Стаття присвячена вивченню проблеми екологічної безпеки децентралізованих систем опалення. У статті розглянуті причини сформованої тенденції до децентралізації джерел теплопостачання. Виявлено переваги й недоліки автономних джерел теплопостачання й централізованого теплопостачання. Виконано, з погляду екологічної безпеки, оцінку збитку, заподіяваного емісією забруднюючих речовин в атмосферу від дрібних автономних джерел теплопостачання. Аналіз існуючих будівельних норм і правил показує, що діючі норми чітко не регламентують розміщення в існуючій або проектованій забудові автономних джерел теплопостачання. Розглянуто параметри, що впливають на розподіл забруднення у забудові. Виконано аналіз методів дослідження розсіювання забруднюючих речовин, заснованих на натурних спостереженнях, випробуваннях в аеродинамічній трубі й математичному моделюванні. Виявлено їхні переваги й недоліки.

**Ключові слова:** автономні джерела теплопостачання, емісія забруднюючих речовин, натурні дослідження, фізичне моделювання, математичне моделювання.

## ОСОБЕННОСТИ ЗАСТРОЙКИ ТЕРРИТОРИЙ ЖИЛЫМИ И ОБЩЕСТВЕННЫМИ ЗДАНИЯМИ С АВТОНОМНЫМИ КОТЕЛЬНЫМИ

**С.Г. Кузнецов, Г.А. Назаров**

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
д. 2, ул. Державина, Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.*

*e-mail: gregory\_nazarov@mail.ru*

*Получена 12 ноября 2008; принята 20 ноября 2008.*

**Аннотация.** Статья посвящена изучению проблемы экологической безопасности децентрализованных систем отопления. В статье рассмотрены причины сложившейся тенденции к децентрализации источников теплоснабжения. Выявлены преимущества и недостатки автономных источников теплоснабжения и централизованного теплоснабжения. Выполнена, с точки зрения экологической безопасности, оценка ущерба, причиняемого эмиссией загрязняющих веществ в атмосферу от мелких автономных источников теплоснабжения. Анализ существующих строительных норм и правил показывает, что действующие нормы четко не регламентируют размещение в существующей или проектируемой застройке автономных источников теплоснабжения. Рассмотрены параметры, влияющие на распределение загрязнения в застройке. Выполнен анализ методов исследования рассеивания загрязняющих веществ, основанных на натурных наблюдениях, испытаниях в аэродинамической трубе и математическом моделировании. Выявлены их преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** автономные источники теплоснабжения, эмиссия загрязняющих веществ, натурные исследования, физическое моделирование, математическое моделирование.

## SPECIFICITIES OF AREA BUILD UP BY APARTMENT AND PUBLIC BUILDINGS WITH DECENTRALIZED HEATING SYSTEMS

S.G. Kuznetsov, G.A. Nazarov

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,  
2, Derzhavin's street, Makeyevka, Donetsk Region, Ukraine; 86123.  
e-mail: gregory\_nazarov@mail.ru*

*Received 12 November 2008; Accepted 20 November 2008.*

**Abstract.** The paper is devoted to the research problem for decentralized heating systems of ecological safety. The reasons of the existing tendency at for the decentralization of heating sources have been considered in the paper. Advantages and disadvantages of independent centralized heat-supply sources and ones have been revealed. From the point of ecological safety view the damages assessment caused by the atmosphere emission pollutantion from the small heat supply sources has been carried out. The analysis of building standards and rules shows that existing building norms do not regulate clearly placing in the existing or heating designing building of independent heat supply sources. The parameters affecting pollutants distribution in the building have been also considered. The research methods of analysis pollution dispersing has been carried out by of the full-scale examinations, tests, in the aerodynamics tubes, mathematical modeling has been carried out. Their advantages and disadvantages have been exposed.

**Key words:** decentralized of heating sources systems, pollutants emission, full-scale examinations, aerodynamic tubes, mathematical modeling.

### Введение

В настоящее время в городах Украины ведется новое строительство, а также реконструкция существующего жилого и общественного фонда. Возможности существующих центральных тепловых пунктов практически исчерпаны. Об этом свидетельствуют следующие данные:

- изношенность теплового хозяйства в целом оценивается в пределах 40-90 %;
- в аварийном состоянии находятся более 30 % тепловых пунктов;
- около 40% котлов, насосов, теплообменников и другого вспомогательного оборудования требуют замены;
- КПД котлов газовых колеблется от 70 до 80 %, угольных – от 40 до 60 %;
- потери тепла в теплотрассах составляют от 20-50 %.

Данная ситуация привела к тому, что в настоящее время сложилась тенденция перехода на автономные источники теплоснабжения (отопление осуществляется за счет поквартирного теплоснабжения на основе индивидуальных газовых теплогенераторов), а также устройством автономных индивидуальных тепловых пунктов, размещаемых отдельно от здания,

пристроенными к зданию и на крыше здания – «крышные котельные». В результате появляются здания с автономными источниками отопления.

Отсутствие в автономных системах сложных транспортных сетей с подземной, а в ряде случаев, и наружной прокладкой определяет существенно более высокую степень их эксплуатационной надежности. Однако с точки зрения экологической безопасности их оценка не может быть столь же однозначной. Очевидно, что при уменьшении единичной мощности источников автономного теплоснабжения, показываемого источником централизованного теплоснабжения, их число в расчете централизованного теплоснабжения значительно больше. Следовательно, возрастает и число приходящихся на район источников эмиссии загрязняющих веществ в атмосферу, которыми являются автономные котельные. Таким образом, объекты автономного индивидуального теплоснабжения, как правило, находятся в густонаселённых районах и в городской черте создается группа невысоких относительно низкотемпературных (35-230 °C) источников эмиссии загрязняющих веществ: оксида углерода, диоксида углерода, оксидов

азота и, в зависимости от состава природного газа, соединений серы.

Усиливает негативное воздействие на окружающую среду то, что данные вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу, находятся в виде окислов с низкой степенью окисления. Анализ атмосферных осадков показывает, что возвращенные на поверхность земли примеси представлены в основном соединениями с высокой степенью окисления (серная кислота, азотная кислота, нитраты, диоксид углерода).

В настоящее время предприятия малой энергетики практически не оснащены средствами очистки пылегазовых выбросов. Ущерб, причиняемый загрязняющими веществами, поступающими в атмосферу от мелких тепловых установок, на единицу сжигаемого топлива в 5 раз выше, чем от ТЭЦ. Это связано с размещением мелких котельных в зоне с высокой концентрацией населения, с отсутствием эффективных средств очистки газовых выбросов от оксидов углерода и оксидов азота, а также с невозможностью создания средств очистки компактных размеров для использования в автономных миникотельных. Существующие государственные строительные нормы и правила [1, 2, 3] не регламентируют размещение в существующей или проектируемой застройке зданий с автономными источниками теплоснабжения. В руководствах по проектированию котлоагрегатов фирм-производителей, в большинстве случаев, отсутствует информация о количественной характеристике выбросов загрязняющих веществ, отходящих от котлов, имеются данные лишь о производительности самих котлов и их устройстве. Действующая методика расчета концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе неадекватно описывает распространение загрязняющих веществ в застройке [4].

С учетом тенденции активного строительства систем автономного теплоснабжения очевидна необходимость изучения закономерностей обеспечения их экологической безопасности, условий мониторинга воздушной среды градостроительных комплексов с развитыми системами автономного теплоснабжения. Важность решения этой задачи обусловлена, в первую очередь, необходимостью обеспечения чистоты воздуха вокруг зданий, особенно, как в самих зданиях, так и на пешеходном уровне.

Цель данной статьи заключается в рассмотрении методов исследований для разработки теоретически обоснованного подхода формирования застройки с учетом размещения в ней зданий с автономными индивидуальными тепловыми пунктами.

### **Распределение выбросов в застройке**

Загрязнители от автономных источников теплоснабжения разносятся ветром по направлению к зданиям. Загрязняющие вещества не полностью рассеиваются ветром и выносятся за границы застройки, частично они накапливаются в пространстве между зданиями или даже попадают в здания через окна, двери, ограждающие конструкции и систему вентиляции. Распространение загрязнения зависит от различных параметров. Среди них: скорость ветра, геометрическая форма зданий и их высота; расстояния между зданиями; высота дымовой трубы; скорость газового потока, профиль местности по нескольким направлениям; шероховатость поверхности; растительный ландшафт; плавучесть дыма и т.д.

#### *Высота выброса и скорость газового потока*

С увеличением высоты трубы и скорости выбрасываемого газового потока эффективность рассеивания загрязнений увеличивается. Горизонтальное перемещение выбрасываемого газового потока определяется, в основном, скоростью ветра, а вертикальное – характером изменения температуры наружного воздуха в вертикальном направлении вблизи трубы.

#### *Скорость ветра*

Направление и скорость ветра не остаются постоянными, скорость ветра возрастает при увеличении перепада атмосферного давления. Наибольшее загрязнение атмосферы возможно при слабых ветрах 0-5 м/с, при рассеивании выбросов на малых высотах в приземном слое атмосферы.

#### *Рельеф местности.*

Даже при наличии сравнительно небольших возвышенностей существенно изменяется микроклимат в отдельных районах и характер

рассеивания загрязнений. Так, в пониженных местах образуются застойные, плохо проветриваемые зоны с повышенной концентрацией загрязнений. Если на пути загрязненного потока находятся здания, то над зданием скорость воздушного потока увеличивается, сразу за зданием – снижается, постепенно увеличиваясь по мере удаления, и на некотором расстоянии от здания скорость потока воздуха принимает первоначальное значение.

Заветренная сторона – очень часто является плохо проветриваемой зоной, образующейся при обтекании здания потоком воздуха. В зависимости от типа зданий и характера застройки образуются различные зоны с замкнутой циркуляцией воздуха, что может оказывать существенное влияние на распределение загрязнений. Только низкие источники эмиссии загрязняющих веществ, высота которых значительно не превышает высоты крыши здания, загрязняют циркуляционные зоны зданий.

Проведенные исследования показывают, что в городской застройке возникают сильные циркулирующие вихри между зданиями [5]. Высота здания с расположенным на ней источником эмиссии загрязняющих веществ является доминантным фактором, который определяет вид потока. Форма распределения потока зависит от конфигурации застройки. Высота зданий, окружающих источник эмиссии, оказывает влияние на приток чистого воздуха внутрь застройки, соответственно средняя концентрация вредных веществ неоднородна.

### Методы исследования

Существует несколько методов исследования, направленных на решение этой задачи – это натурное, масштабное, численное моделирование.

Натурное исследование позволяет точно зафиксировать рассеивание загрязняющих веществ на территории застройки, а также определить количество вредных веществ, попавших внутрь здания в результате воздухопроницаемости ограждающих конструкций. Взаимодействие атмосферных потоков с поверхностью земли даже при минимальном рельефе ветра внизу «тормозит», при этом образуются внутренние вихри разных размеров. Все это отражено в нормах ветровых нагрузок по вы-

соте, учитывающих разный ветровой район и тип местности. Но данные исследования слишком трудоемки и дорогостоящи.

Поэтому для расчета концентраций примесей в условиях застройки используются, как правило, эмпирические формулы, полученные путем экспериментов в аэродинамических трубах и гидравлических лотках. Моделирование в аэродинамической трубе дает возможность изучения воздействия параметров, влияющих на распространение загрязнения по отдельности или при их сочетании при наиболее неблагоприятных метеорологических условиях.

За рубежом используют аэродинамические трубы разных конструкций и размеров, при этом считается, что испытания крупномасштабных моделей дают более детальную и точную картину ветрового воздействия. Однако задача может быть решена с использованием более мелких и простых макетов, обдуваемых в меньших аэродинамических трубах. Для получения общей картины ветрового обтекания используются методы визуализации: подцветка дымом и крепление на макете нитей (методика «шелковинок»), сопровождаемые видеозаписью при испытаниях. Параметры ветрового воздействия измеряются цифровой системой, включающей датчики для измерения статической и динамической компонент давления. Важным моментом испытаний макетов является создание вертикального ветрового профиля.

В настоящее время перспективным является создание математических моделей, так называемые компьютерные технологии математического моделирования (CFD), применяемые в аэрогидродинамике для расчета рассеивания загрязняющих веществ в условиях застройки.

К настоящему времени разработаны и распространяются разнообразные универсальные компьютерные CFD-пакеты (FLUENT, STAR-CD, VP2/3, FLOW3D, ANSYS-CFX и др.), основанные на численном решении систем уравнений, отражающих общие законы механики сплошной среды. Они предназначены для решения широкого круга задач прикладной аэрогидродинамики и теплообмена [6, 7].

Одна из главных трудностей моделирования ветровых воздействий в рамках полной трехмерной нестационарной постановки задачи

вязкого турбулентного обтекания здания связана с повышенными требованиями к мощности вычислительных платформ. Обычные персональные компьютеры обеспечивают адекватные ресурсы лишь при решении двумерных задач.

С другой стороны, двумерные расчеты обтекания контура горизонтального сечения здания способны вполне адекватно воспроизводить явление образования и срыва вихрей (причем со значительным запасом по интенсивности колебаний нагрузок на обтекаемой поверхности в сравнении с соответствующим трехмерным расчетом). Поэтому вполне разумным путем проведения расчетов ветровых нагрузок является сочетание традиционных инженерных подходов с возможностями современных методов компьютерного моделирования, в частности, на основе экономичных двумерных нестационарных моделей течения.

### Заключение

При современном развитии строительных технологий здания, оснащенные индивидуальными системами отопления, требуют детального исследования в контексте формирования территории застройки: геометрические размеры зданий, расстояния между зданиями, относительные их высоты. Для решения этого вопроса существует три основных метода исследования для принятия решения о возможности применения автономных индивидуальных тепловых пунктов, размещаемых на крыше здания: натурный, физический (испытание в аэродинамической трубе) и математический (компь-

ютерное моделирование). Каждый из этих методов имеет ряд достоинств и недостатков.

Для получения аэродинамических характеристик здания и визуализации процесса распространения примесей, помимо традиционных испытаний в аэродинамических трубах и натурных исследований, все чаще используют компьютерные CFD-технологии математического моделирования. Однако не стоит противопоставлять компьютерное моделирование экспериментальным исследованиям, гораздо лучше, если эти методы будут дополнять друг друга.

### Литература

1. ДБН 360-92\*\*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.- Киев: Госстрой Украины, 2002.- 92с.
2. ДБН В.2.5-20-2001. Газоснабжение.- Киев: Госстрой Украины, 2001.- 131с.
3. СНиП 2.04.05-91\*У. Отопление, вентиляция и кондиционирование.- Киев: КиевЗНИИЭП, 1996.- 89с.
4. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. Л.: Гидрометеоиздат, 1987.- 93с.
5. Analysis of pollutant dispersion in an urban street Canyon. <http://pulson.seos.uvic.ca/people/gerdi/vki/vkipaper.pdf>.
6. Wind Engineering – Building Aerodynamics. Force Technology. [www.force.dk](http://www.force.dk).
7. Аксёнов А. А. Программный комплекс Flow Vision для решения задач аэродинамики и тепломассопереноса методами численного моделирования/ А. А. Аксёнов, А. В. Гудзовский // Матер. III съезда АВОК, 22-25.09. 1993. – М.: АВОК, 1993. – С. 114 – 119.

**Кузнецов Сергей Георгиевич** - к.т.н., доцент, доцент кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: строительная аэродинамика, модельные испытания зданий и сооружений в аэродинамической трубе с пограничным шаром, ветровые нагрузки на здания и сооружения, натурные измерения ветровых нагрузок.

**Назаров Григорий Александрович** - ассистент кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: изучение рассеивания загрязняющих веществ от автономных источников теплоснабжения в существующей или проектируемой застройке с помощью натурных исследований, испытаний в аэродинамической трубе и математического моделирования.

**Кузнецов Сергей Георгиевич** – к.т.н., доцент, доцент кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: строительная аэродинамика, модельные испытания зданий и сооружений в аэродинамической трубе с пограничным слоем, ветровые нагрузки на здания и сооружения, натурные исследования ветровых нагрузок.

**Назаров Григорий Александрович** - ассистент кафедры городского строительства и хозяйства Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: изучение рассеивания загрязняющих веществ от автономных источников теплоснабжения в существующей или проектируемой застройке с помощью натуральных наблюдений, испытаний в аэродинамической трубе и математического моделирования.

**Kuznetsov Sergey Georgievich** – candidate of technical science, associate professor, associate professor of “Architecture of Industrial and Civil Buildings” chair of the Donbas National Academy of Building and Architecture. Scientific interests: aerodynamics engineering, modeling tests of buildings and structures by means of aerodynamics tube with the boundary layer, wind loads on buildings and structures, full-scale investigation of wind loads.

**Nazarov Gregoriy Alexandrovich** an assistant of “the Municipal Building and Economy” chair of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: study of containments dispersion from the autonomous sources of heat supply in the existenting or designing building by means of model supervisions, tests in a the aerodynamics tube and mathematical modeling.