

В.И. Воробьев

**ЭКОЛОГО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ
ОСНОВЫ РАСЧЕТА
ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ГАЗА**



В. И. Воробьев

**ЭКОЛОГО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ
ОСНОВЫ РАСЧЕТА
ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ГАЗОВ**

Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ
по образованию в области строительства в качестве
учебного пособия для студентов, обучающихся
по направлению 653500 «Строительство»

2-е издание



Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва 2006

УДК 711.544:504:621.311.22

ББК 85.118.21:31.37

В 75

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор ВолгГАСУ, действительный член АИИ
Украины, действительный член РЭА *Ю. Д. Козлов*,
доктор архитектуры, профессор кафедры «Градостроительство»
Московского государственного строительного университета *Ю. В. Алексеев*.

Воробьев В. И.

В 751 Эколого-градостроительные основы расчета приземных концентраций газов / Учебное пособие. 2-е изд. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 100 с.

ISBN 5-93093-434-7

Рассматриваются пути снижения негативного воздействия тепловых энергетических предприятий (ТЭП) на селитебную территорию города. Даются рекомендации по улучшению состояния воздушной среды городов в районе действия ТЭП, их размещению в планировочной структуре города.

Для студентов специальности ГСХ строительных вузов.

ISBN 5-93093-434-7

© Издательство АСВ, 2006

© Воробьев В.И., 2006

Учебное пособие

Владимир Иванович **Воробьев**

ЭКОЛОГО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПРИЗЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ГАЗОВ

*Оригинал-макет подготовлен редакционно-издательским отделом
Волгоградского государственного архитектурно-строительного
университета:*

Зав. редакцией: *О. Е. Горячева*

Редактор: *Н. И. Бороусова*

Компьютерная правка: *Н. Я. Наумова*

Компьютерная верстка: *А. С. Жучихина*

Компьютерный дизайн обложки: *Н. С. Кузнецова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98. Сдано в набор 17.11.05

Подписано к печати 16.07.06. Формат 60x90/16.

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. 6,5 п.л. Тираж 1000 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации - оф. 511
тел., факс: (495)183-56-83, e-mail: iasv@mgisu.ru, <http://www.iasv.ru/>

ПРЕДИСЛОВИЕ

Пособие написано в соответствии с учебной программой СД.05 «Экология городской среды». В нем обобщены и проанализированы материалы ранее выполненных автором работ. Дополнительно проведены теоретические и экспериментальные исследования. Предложенная методика исследований и расчета концентраций вредных ингредиентов от выбросов в атмосферу тепловыми энергетическими предприятиями позволяет решить следующие задачи: проанализировать размещение тепловых энергетических предприятий в структуре города, расположение организованных и неорганизованных источников загрязнения на территориях ТЭП; исследовать уровень загрязнения воздушной среды на селитебных территориях характерными для ТЭП ингредиентами и влияние на него застройки; разработать рекомендации по улучшению состояния воздушной среды в районе действия тепловых энергетических предприятий. На основе оптимизации взаимодействия тепловых энергетических предприятий в планировочной структуре города разработан ряд рекомендаций по снижению загазованности и организации контроля за выбросами.

Назначение пособия — оказание помощи при выполнении курсовых проектов студентами 3-го курса специальности 2905 «Городское строительство и хозяйство», а также подготовке разделов по экологии в дипломном проектировании. Кроме того, материалы пособия могут быть использованы преподавателями при подготовке курсов лекций по экологии и охране окружающей среды.

Автор выражает признательность и благодарность за поддержку, научное руководство и методическую помощь при написании учебного пособия заведующему кафедрой экологического строительства и городского хозяйства д-ру техн. наук, проф. В. Ф. Сидоренко.

ВВЕДЕНИЕ

Экологические задачи формирования здоровой и безопасной среды обитания людей, населяющих города, определяются федеральными законами и государственными стандартами в этой области, а также Градостроительным кодексом РФ, специальной главой СНиП «Планирование и застройка населенных мест».

Наиболее актуальной проблемой экологической безопасности городов является нейтрализация вредных воздействий промышленности и автомобильного транспорта на окружающую городскую среду, негативные последствия которых принимают все большие размеры, создают опасность для природной среды, приобретают международный характер и уже достигли глобальных масштабов. Концентрация промышленного производства, расположенного в непосредственной близости от селитебных территорий, создает градостроительные проблемы, связанные с охраной воздушной среды городов.

Загрязнение атмосферы стало составной частью всей современной жизни. Основным источником загрязнения можно считать процессы горения. Примеси, содержащиеся в топливе, объединенная смесь топливо — воздух при горении, а также слишком высокая или слишком низкая температура горения приводят к образованию таких побочных продуктов, как окись углерода, окислы серы и азота, сажа, несгоревшие углеводороды, — все они вносят вклад в загрязнение атмосферы. Тепловые энергетические предприятия (ТЭП), потребляя около трети добываемого в стране топлива, являются существенным источником загрязнения атмосферы. Строятся они в непосредственной близости от селитебной территории, так как требуют обеспеченности топливной базой, близости к источникам водоснабжения, а также потребителям электрической энергии и тепла, оказывая тем самым неблагоприятное влияние на окружающую природную среду. В связи с этим возникает необходимость в исследовании функционирования ТЭП в условиях города и разработке комплексных защитных градостроительных мероприятий по улучшению воздушной среды.

Градостроительное проектирование предполагает решение проблемы охраны и улучшения городской среды путем разработки системы конкретных градостроительных мероприятий, определяемых проектами генеральных планов городов. Этим вопросам, а также решению проблемы техническими, технологическими и контролирующими методами посвящены работы многих российских и зарубежных ученых. Основное внимание в них уделяется выявлению климатических и микроклиматических особенностей селитебных территорий городов, степени загрязнения их атмосферы выбросами промышленности и транспорта. Имеется обширный материал, показывающий возможности регулирования внешних условий городской среды градостроительными средствами.

1. ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ОТ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

1.1. Перспективы развития энергетики и проблемы защиты окружающей среды

Для прогноза возможных изменений состояния воздушной среды городов необходимо знание динамики выбросов различных веществ в атмосферу энергетическими предприятиями. С этой целью следует знать перспективу развития энергетики. В России и других странах оно характеризуется ростом выработки электрической и тепловой энергии, единичных мощностей энергоблоков и электростанций и повышением эффективности использования топливных ресурсов. Важным направлением развития энергетики в России является расширение комбинированного производства тепловой и электрической энергии. В настоящее время большая часть теплоты, производимой в системах централизованного теплоснабжения России, приходится на долю тепловых энергетических предприятий. Около 30% потребности страны в электрической энергии и более 40% в теплоте обеспечивают ТЭП. Свыше 800 городов России пользуются теплотой от крупных ТЭП.

Развитие энергетики в соответствии с работами [1, 2] предполагает прохождение трех основных фаз:

- 1) до 2000 г. — энергетика на органическом топливе, гидроэнергии и ядерной энергии, получаемой в реакторах на тепловых нейтронах;
- 2) 2001 г. — оптимизация энергетики на основе широкого использования ядерной энергии и возобновимых энергоресурсов;
- 3) после 2010 г. — стабилизация энергопотребления на душу населения.

В [1] делаются следующие выводы: с 1975 по 2000 г. суммарная энергетическая мощность возросла примерно в 3 раза, этому соответствует увеличение потребления условного топлива, а к 2025 г. суммарная выработка энергии примерно удвоится. Нарастание потребления энергии во времени в соответствии с предложенным сценарием в [1], показано на рис. 1.1.

По мнению М. А. Стыриковича и А. К. Внукова [3], потребление органического топлива будет увеличиваться до середины нынешнего столетия, когда его годовой расход может достичь 20 млрд т условного топлива (в 1975 г. составил около 8 млн т), после чего начнет уменьшаться, уступая место таким физическим видам энергоресурсов, которые не дают выбросов вещества в окружающую природную среду.

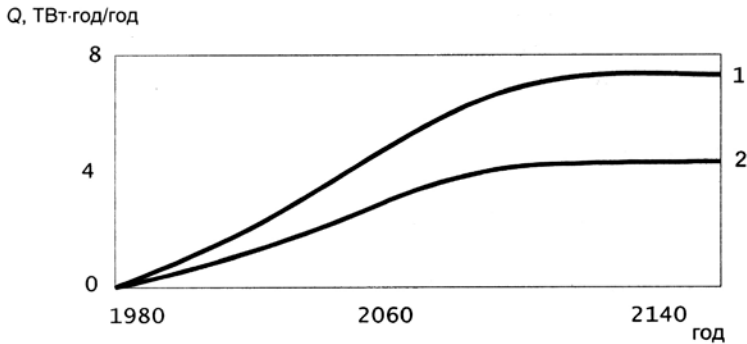


Рис. 1.1. Рост потребления энергии на земном шаре ($Q = 33,5 \text{ ТВт} \cdot \text{год/год}$) по [4]: 1—20 кВт · год/год; 2—10 кВт — год/год

В настоящий период электроэнергетика приобрела главенствующее значение. Ее основными характеристиками являются суммарная установленная мощность и структура всех электростанций, выработка электрической и тепловой энергии (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Выработка электроэнергии и мощность электростанций мира по данным МИРЭК-IX [5]

Показатель	1970 г.	1980 г.	1985 г.	1990 г.	2000 г.
Суммарная выработка электроэнергии в год, млрд кВт·ч	4950	9250	13000	17000	30000
Суммарная мощность электростанций, млн кВт	—	2140	3000	4000	7000
Средняя выработка электроэнергии на душу населения, (кВт·ч)/(чел.·год)	1380	2280	2890	3690	5760

Важным фактором, определяющим развитие электроэнергетики в России, является неравномерность потребления электроэнергии по времени. Показателями графиков нагрузки являются максимальный $E_{\text{макс}}$, средний $E_{\text{ср}}$ и минимальный $E_{\text{мин}}$ уровни энергопотребления, а также коэффициент плотности, показывающий отношение среднего уровня энергопотребления к максимальному.

При анализе взаимодействия энергетики с окружающей средой важное значение имеет показатель суммарного потребления топливно-энергетических ресурсов. По разным источникам, значение мировых топливно-энергетических ресурсов, использованных до 1990 г., находилось в пределах 150...200 млрд т у. т. По разным вариантам прогнозов на 2000 г., суммарное потребление энергетических ресурсов за период с 1975 по 2000 г. составило 300...450 млрд т у. т. (табл. 1.2). Таким образом, за последнюю четверть XX в. мировое энергопотребление пред-

ставляет величину, значительно превосходящую суммарное энергопотребление за всю предшествующую историю цивилизации.

Потребление первичных энергоресурсов в России изменялось с изменением методов и технологий преобразования и использования энергии. В настоящее время от 25 до 35% мировых первичных энергоресурсов (по разным источникам) расходуется на выработку электроэнергии.

Таблица 1.2

**Потребление энергетических ресурсов в мире,
млн т условного топлива (%) [6]**

Потребляемый ресурс	1970 г.	1980 г.	1990 г.	2000 г.
Уголь	2235 (32,4)	3200 (26,2)	4400 (20...23)	5600 (19...24)
Нефть	2447 (35,5)	4600 (37,8)	6700 (35...40)	7000...10000 (22...23)
Природный газ	1448 (21,6)	2550 (20,9)	4300 (22,6)	5000...8000 (20...25)

Градостроительные проблемы охраны окружающей среды связаны с увеличением выработки электроэнергии на тепловом потреблении, а также исторически сложившимся размещением ТЭП в крупных городах. Тепловые энергетические предприятия имеют важные преимущества по сравнению с раздельной выработкой тепла и электроэнергии. Прежде всего это обусловлено низким удельным расходом на выработку электроэнергии на тепловом потреблении. Вследствие более экономичной работы крупных парогенераторов по сравнению с индивидуальными котельными экономится топливо на выработку теплоэнергии. Вторым важным преимуществом ТЭП является то обстоятельство, что на них можно применять высокоэффективные методы очистки газов (например, электрофильтры). Следующее важнейшее преимущество — возможность установки на ТЭП высоких дымовых труб (от 120 до 250 м и более) больших мощностей, удаляющих газы в высокие слои атмосферы, что особенно важно для городов с высотной застройкой.

Вместе с тем при решении вопросов охраны воздушного бассейна от выбросов ТЭП в условиях городов встречаются определенные трудности. Наряду с увеличением общих выбросов в пределах города следует иметь в виду высокие единичные мощности ТЭП и, следовательно, большие валовые выбросы загрязняющих веществ, влияющих на качество воздуха. Это усугубляется наличием фоновой загрязненности от других промышленных объектов и городского транспорта.

Наличие указанных неблагоприятных факторов вместе с большой концентрацией населения в городах приводит к тому, что снижению концен-

траций выбросов от ТЭП приходится уделять особое внимание. Градостроительное проектирование на различных стадиях предполагает разработку системы конкретных градостроительных мероприятий в целях охраны и улучшения городской среды. В настоящее время необходимо совершенствовать методологический подход к разработке теоретических основ анализа, оценки и прогнозирования состояния окружающей среды городов.

Средства оздоровления или сохранения благоприятной окружающей человека природной среды в городе в этой связи определяются тремя основными условиями:

- управлением качеством воздуха;
- планировочными методами;
- технологическими методами.

Управление качеством воздуха предполагает наличие стандартов качества воздуха, на базе которых осуществляются все мероприятия с целью контроля за загрязнением атмосферы. Этот подход принят сейчас во всех промышленно развитых странах как более действенный.

Наличие стандартов качества воздуха позволяет направить усилия по оздоровлению среды наиболее рационально, т.е. на мероприятия в тех районах, где загрязнение превышает допустимый предел.

За стандарт качества воздуха в России приняты предельно допустимые концентрации (ПДК) для различных токсических веществ [7, 8].

Оздоровление окружающей среды планировочными средствами включает:

- рациональное зонирование городской территории;
- разработку расчетных методик для обоснования размещения жилых зон на достаточном удалении от промышленных районов;
- создание эффективных санитарно-защитных зон (СЗЗ) для охраны воздушного бассейна города с учетом аэродинамики с целью отвода загрязненных масс воздуха за пределы города.

К числу технологических средств решения проблемы оздоровления воздушной среды городов относятся:

- сокращение вредных выбросов;
- утилизация путем газоочистки и пылеулавливания;
- внедрение безотходных способов производства.

Мероприятия по защите воздушного бассейна от загрязнения в целом для экономики страны не являются убыточными. Ущерб, причиняемый загрязнением воздуха населению, жилым и промышленным зданиям в крупнейших городах, урожайности сельскохозяйственных культур, составляет несколько миллиардов рублей в год.

Однако в настоящее время работы по проектированию и строительству воздухоохраных объектов в большинстве случаев невыгодны проектным и

строительным организациям в силу их уникального характера, затрудненных условий строительства, огромных капитальных затрат. Этим в большей мере объясняется исключительно низкий уровень освоения капитальных вложений воздухоохранного назначения. Планировочные средства сохраняют свое значение как эффективный фактор оздоровления городской среды.

Наиболее верный путь — проведение борьбы за оздоровление воздушного бассейна городов по всем направлениям.

Как видно из данных (табл. 1.3), в загрязнении атмосферы основу составляют процессы сжигания минерального топлива и в наибольшей степени на тепловых энергетических предприятиях.

Таблица 1.3

**Удельное значение выбросов в атмосферу
отдельных отраслей промышленности России в общей эмиссии [9]**

Отрасль промышленности	Поступление выбросов в атмосферу
Тепловые электростанции	27,0
Черная металлургия	24,3
Цветная металлургия	10,5
Нефтедобыча и нефтехимия	15,5
Автомобильный транспорт	13,3
Предприятия стройиндустрии	8,1
Химическая промышленность	1,3

С учетом давности статистического анализа распределение поступлений выбросов в атмосферу, на наш взгляд, может быть другим, например в связи со спадом работы предприятий черной металлургии, стройиндустрии и значительным увеличением в России автомобильного транспорта.

Анализ обстановки в России показал, что в городах в процессе сжигания минерального топлива уходит в атмосферу до 85% всех выбросов [10] (рис. 1.2), из которых 23% составляют диоксид серы и диоксид азота, 18 — оксид углерода, 11 — пыль и 7 — фенол. Остальное количество приходится на долю специфических веществ, которые, как правило, связаны с работой предприятий определенных отраслей промышленности и присутствуют в сравнительно небольшом числе пунктов, где последние расположены. К таким веществам относятся сероводород, хлор, сероуглерод, аммиак, соединения фтора, углеводород.

Для большинства развитых стран теплоэлектростанции и металлургическая промышленность являются источниками поступления в атмосферу более 70% твердых частиц и оксидов азота [11] в процессе сжигания топлива. В 1960 – 1980 гг. отмечено снижение выбросов твердых веществ [12], однако выброс оксидов серы и азота продолжает увеличиваться.

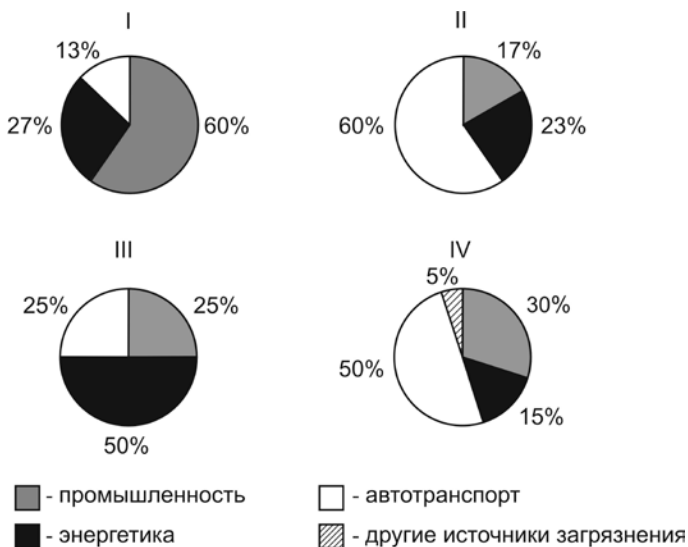


Рис. 1.2. Структура загрязнения воздуха в некоторых странах:
I — Россия; II — США; III — Франция; IV — Мексика

По статистическим данным, производство топлива в России в 1985 г. составило: угля — 726 млн т и газа — 643 млрд м³. Даже к 2010 г., когда значительно увеличится выработка электроэнергии на атомных электростанциях, в результате использования органического топлива будет вырабатываться до 82% электроэнергии. В связи с этим следует отметить, что, несмотря на улавливание твердых частиц и совершенствование техники сжигания топлива, опасность увеличения загрязнения воздуха все еще велика.

1.2. Характеристика ТЭП. Анализ их размещения в структуре города и влияния на окружающую городскую застройку

При всем разнообразии тепловых энергетических предприятий их можно классифицировать по следующим признакам:

- по типу основных двигателей;
- начальному давлению пара;
- характеру потребителей и району обслуживания;
- видам вырабатываемой и отпускаемой потребителям энергии;
- степени централизации источников выбросов;
- типу систем, из которых выбрасываются вредные вещества (одностовольные или многостовольные);
- высоте источников выбросов;

- расположению источников выбросов в плане городской застройки и на площадке;
- температуре поступающей в атмосферу газовоздушной смеси (сильно нагретые — $\Delta t = t_1 - t_{\text{окр}} > 100 \text{ }^\circ\text{C}$; нагретые — $20 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t < 100 \text{ }^\circ\text{C}$; слабо нагретые — $5 \text{ }^\circ\text{C} < \Delta t < 20 \text{ }^\circ\text{C}$);
- режиму работы источников выбросов (постоянно действующие или по определенному графику);
- мощности ТЭП (2000 МВт и более, 1000—2000, до 1000).

Результаты сравнительного анализа существующих тепловых энергетических предприятий представлены в табл. 1.4, 1.5.

Принципиальные решения для современных ТЭП на разных видах органического топлива возможны на основе использования блоков единичной мощностью 300, 500, 800 и 1200 Вт с высокими начальными значениями параметров пара, одновальными турбоагрегатами с развитой системой регенеративного подогрева питательной воды, высокой степенью унификации основных элементов схем и конструктивных решений. Отвод теплоты конденсации пара в окружающую среду осуществляется через конденсаторы паротурбинных установок с прямоточным или оборотным водоснабжением. ТЭП на твердом топливе имеют цехи пылеприготовления, золо- и шлакоотвалы.

Таблица 1.4

Тепловые электростанции мощностью 2000 МВт и более

Наименование ТЭС	Установленная мощность, МВт	Количество и мощность турбоагрегатов, шт.· МВт
Экибастузская	4000	8 · 500
Рефтинская	3800	6 · 300, 4 · 500
Запорожская	3600	4 · 300, 3 · 800
Углегорская	3600	8 · 300, 1 · 1200
Костромская	3600	8 · 300, 1 · 1200
Сургутская	3324	14 · 210, 2 · 180
Криворожская	3000	10 · 300
Сырдарьинская	3000	10 · 300
Рязанская	2800	4 · 300, 2 · 800
Молдовская	2520	8 · 200, 2 · 210
Троицкая	2455	3 · 100, 4 · 300
Бурштынская	2400	12 · 200
Ставропольская	2400	8 · 300
Заинская	2400	12 · 200
Ворошиловская	2000	4 · 100, 8 · 200
Уренгойская	2500	10 · 250
Березовская	6400	8 · 800
Пермская	4800	6 · 800

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
1. Проблемы защиты городской среды от влияния тепловых энергетических предприятий	5
1.1. Перспективы развития энергетики и проблемы защиты окружающей среды.....	5
1.2. Характеристика ТЭП. Анализ их размещения в структуре города и влияния на окружающую городскую застройку.....	10
1.3. Краткий обзор исследований по оценке источников загрязнения, рассеивания выбросов в атмосфере и методов защиты городской территории.....	23
Вопросы для самоконтроля.....	41
2. Экспериментальные исследования загрязнения воздушной среды выбросами ТЭП в условиях городской застройки	42
2.1. Планирование экспериментальных исследований.....	42
2.2. Обработка экспериментальных исследований.....	49
2.3. Характеристика некоторых объектов обследования.....	51
Вопросы для самоконтроля.....	54
3. Расчет рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах ТЭП	55
3.1. Теория и методика расчета.....	55
3.2. Зависимость загрязнения воздушной среды городской застройки от количества источников дымовых выбросов, их высоты и расположения на промышленной площадке.....	62
Вопросы для самоконтроля.....	66
4. Практические рекомендации при проектировании и эксплуатации энергетических предприятий	67
4.1. Принципы рационального размещения ТЭП в плане города.....	67
4.2. Рекомендации по нормированию санитарно-защитных зон с учетом архитектурно-планировочных особенностей городской застройки.....	70
4.3. Регулирование и нормирование выбросов в атмосферу.....	76
4.4. Критерии оценки качества воздушной среды городов.....	79
4.5. Прогнозирование загрязнения воздуха ТЭП на различных стадиях градостроительного проектирования.....	80
Вопросы для самоконтроля.....	82
Заключение	83
Библиографический список	83
Основные термины и определения	87
Приложение 1	88
Приложение 2	89
Приложение 3	93
Приложение 4	94