



ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗСІЮВАННЯ ЗАБРУДНЕНЬ В ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ ЗАБУДОВИ

І. Г. Гевлич, О. М. Копичко

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

E-mail: k_olga@mail2world.com, IGIG2007@ukr.net

Отримано 6 березня 2011; прийнято 25 березня 2011.

Анотація. При дослідженні забруднення територій забудови найбільш ефективним методом є чисельне моделювання за допомогою ЕОМ. Розроблені чисельний алгоритм і програма дозволяють за геометричними параметрами забудови обчислювати її вихрову схему; розраховувати векторні поля швидкостей вітрового потоку в різних перетинах; визначати траєкторії переміщення забруднень від їх джерел у нестационарному режимі за часом; розраховувати дифузію забруднень від траєкторій їх переміщення; визначати концентрацію забруднень на території замкнутої забудови; будувати лінії рівних концентрацій у різних перетинах; отримувати інформацію в зручному для використання вигляді, масштабі. У роботі здійснено чисельне моделювання розсіювання забруднень, що переносяться повітряним потоком, з метою визначення впливу захисних екранів різної форми на зменшення забруднень дворових просторів. Розроблено рекомендації щодо зменшення забруднень селітебної зони багатоповерхової забудови замкнутого типу на етапі проектування та у рамках реально існуючої забудови.

Ключові слова: чисельне моделювання, розсіювання забруднень, багатоповерхова житлова забудова, захисний екран, програма.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАССЕЙВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ МНОГОЭТАЖНОЙ ЗАСТРОЙКИ

И. Г. Гевлич, О. Н. Копычко

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

E-mail: k_olga@mail2world.com, IGIG2007@ukr.net

Получено 6 марта 2011; принято 25 марта 2011.

Аннотация. При исследовании загрязнения территорий застройки наиболее эффективным методом является численное моделирование с помощью ЭВМ. Разработанные численный алгоритм и программа позволяют по геометрическим параметрам застройки вычислять ее вихревую схему; рассчитывать векторные поля скоростей ветрового потока в разных сечениях; определять траектории перемещения загрязнений от их источников в нестационарном режиме по времени; рассчитывать диффузию загрязнений от траекторий их перемещения; определять концентрацию загрязнений на территории замкнутой застройки; строить линии равных концентраций в разных сечениях; получать информацию в удобном для использования виде, масштабе. В работе осуществлено численное моделирование рассеивания загрязнений, переносимых воздушным потоком, в целях определения влияния защитных экранов различной формы на уменьшение загрязнений дворовых пространств. Разработаны рекомендации по уменьшению загрязнений селитебной зоны многоэтажной застройки замкнутого типа на этапе проектирования и в рамках реально существующей застройки.

Ключевые слова: численное моделирование, рассеивание загрязнений, многоэтажная жилая застройка, защитный экран, программа.

NUMERICAL SIMULATION OF POLLUTANT DISPERSION IN GROUND LAYER OF MULTI-STOREY HOUSING AREA

Gevlich Ivan, Kopychko Olga

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makiivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.*

E-mail: k_olga@mail2world.com, IGIG2007@ukr.net

Received 6 March 2011; accepted 25 March 2011.

Abstract. The most efficient method at the pollution investigation of the development or housing area is computer numerical simulation. The worked out numerical algorithm and software enable to analyze its vortex development scheme on the development area geometrical parameters, to analyze the vector velocity field of the wind flow in different sections, to determine the displacement track of the pollutants from their sources in the unsteady condition on time, to analyze the pollutants diffusion on their displacement track, to determine the pollutants concentration on the territory of the closed housing area, to form the lines of equal concentration in various sections, to obtain information in a type or scale suitable for application. The numerical simulation of pollutants dispersion carried by the air flow to determine the effect of protective screens of various forms to decrease yard spaces pollution has been made in the paper. Some pieces of advice on the pollution decrease in residential areas of the closed multi-storey housing at the designing stage within the actually existing development area have been worked out.

Keywords: numerical simulation, pollution dispersion, multi-storey housing area, protective screen, software.

Введение

Существующие типы застройки жилых микрорайонов современных городов в большинстве случаев представляют собой плохо проветриваемые замкнутые дворовые пространства [1], где в рамках единого придомового комплекса расположены такие объекты, как зоны отдыха, в т. ч. детские площадки, мусорные точки, парковки и прочее. Оптимизация объектов жилой застройки весьма актуальна и представляет практический интерес как для застройщиков при планировании возведения здания и обустройства придомовой территории, так и для решения проблемы минимизации загрязнений уже существующей застройки.

Проблемы антропогенного загрязнения городов изучались в работах таких ученых, как Ю. А. Израэль, Г. И. Марчук и другие [2–4]. На рассеивание примесей в условиях города существенно влияют планировка улиц, их ширина, направление, высота зданий, зеленые массивы и водные объекты, образующие разные формы наземных препятствий воздушному потоку и приводящие к возникновению особых метеороло-

гических условий в городе. На их изучение и должны быть направлены усилия исследователей при решении задачи оптимизации селитебной зоны. Однако натурные исследования загрязнения территорий застройки практически невыполнимы, а исследования в аэродинамической трубе требуют значительных финансовых и временных затрат, поэтому наиболее эффективным представляется численное моделирование с помощью ЭВМ, позволяющее оперативно и с минимальными затратами получить картину распространения загрязнений [5–7].

Целью работы является численное моделирование рассеивания загрязнений, переносимых воздушным потоком, в селитебной зоне для определения влияния защитных экранов различной формы и зданий застройки на уменьшение загрязнений дворовых пространств.

Основная часть

Численное моделирование осуществлялось методом дискретных вихрей [7]. На языке программирования «СИ» для операционной системы «Windows» составлена программа «ЗАГРЯЗ-

НЕНИЯ», позволяющая: вычислять геометрические параметры строения застройки и его вихревую схему; рассчитывать векторные поля скоростей ветрового потока в различных сечениях; определять траектории перемещения загрязнений от источников загрязнений с учетом их мощностей и режимов работы в нестационарном режиме по времени; рассчитывать диффузию загрязнений от траекторий их перемещения; определять концентрацию загрязнений в объеме дворовых пространств; строить линии равных концентраций в различных сечениях; получать информацию в удобном для использования виде, масштабе и т. п.

С помощью программы «ЗАГРЯЗНЕНИЯ» проводился численный эксперимент по изучению влияния застройки замкнутого типа на рассеивание загрязнений.

Наибольшее влияние на распространение загрязнений оказывает перенос их по траекториям ветровым потоком. Поэтому на распространение загрязняющих веществ влияет конфигурация зданий в застройке и образованные ими разрывы, которые определяют направление и скорость ветровых потоков как внутри, так и снаружи застройки [8–10].

Для изучения процессов рассеивания была выбрана чаще всего встречающаяся в застройке наших городов периметральная замкнутая застройка [1]. В такой застройке выделяются два основных типа расположения зданий (рис. 1).

Такое расположение зданий оказывает существенное влияние на аэродинамические характеристики группы зданий в застройке, т. к. принципиально по-разному образованы разрывы между строениями.

В застройке типа б (рис. 1) торцевые стороны зданий образуют направляющие для входящего в разрывы между зданиями ветрового потока, что приводит к лучшему проветриванию дворового пространства. Также при любом направлении ветровые потоки направляются вовнутрь застройки, а их интенсивность определяется размером разрыва.

В застройке типа а (рис. 1) существенно другой вид разрывов между строениями: торцевые стороны зданий не оказывают направляющего действия на ветровой поток, входящий в разрыв, а прижимают его к строениям, что приводит к заметному снижению скоростей ветра внутри застройки. Существенное влияние на характеристику ветрового потока оказывает расстояние между зданиями.

Для исследования влияния на распространение загрязнений защитных экранов проведен численный эксперимент. В рамках данной работы рассматривалась многоэтажная жилая застройка замкнутого типа, длина зданий принималась 100 м, ширина 12 м, скорость ветра 10 м/с, направление - 45°, величина разрыва между зданиями 20 м.

При расположении источников загрязнений внутри замкнутой застройки наблюдаются зоны

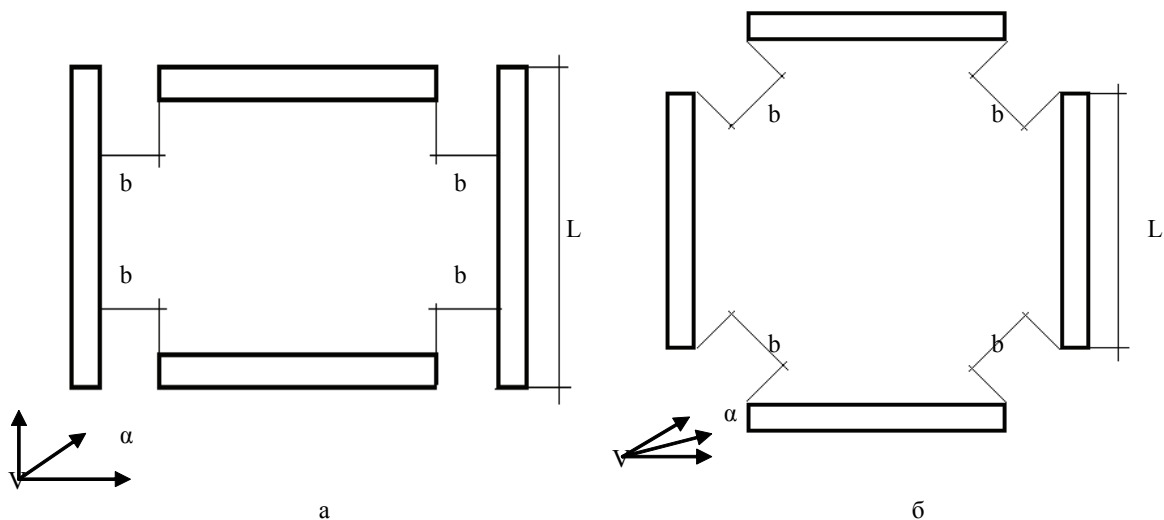


Рисунок 1. Расположение зданий в периметральной застройке: а – здания не выходят за границы базового квадрата, б – здания выходят за границы базового квадрата.

повышенной концентрации загрязнений, превышающей предельно допустимые концентрации. Данные зоны занимают большую часть дворового пространства и практически не зависят от направления и скорости свободного потока ветра. Это происходит потому, что образующиеся за первыми по отношению к набегающему потоку зданиями аэродинамические тени приводят к уменьшению скоростей ветровых потоков. Так как основной вклад в процесс рассеивания загрязнений вносит перенос по траекториям, а диффузионная составляющая на порядок меньше, происходит слабое удаление загрязнений от источников. Застройка второго ряда по отношению к свободному ветровому потоку запирает дворовое пространство, что приводит к образованию медленно циркулирующих потоков, накапливающих загрязнение [8–10].

Та часть выбросов загрязнений, которой удалось пройти через разрыв между зданиями, быстро рассеивается турбулентными потоками, образованными всей группой зданий.

На практике наблюдается возведение защитных экранов различной конфигурации в рамках существующей и проектируемой застройки для различных целей: зонирования пространства, эстетических и рекламных целей, уменьшения загрязнений и т. д. Экранами отделяются мусорные точки, парковки и другие источники загрязнений.

В данной работе рассматривалось влияние на картину рассеивания загрязнений в замкнутой застройке защитных экранов I-образной и S-образной форм.

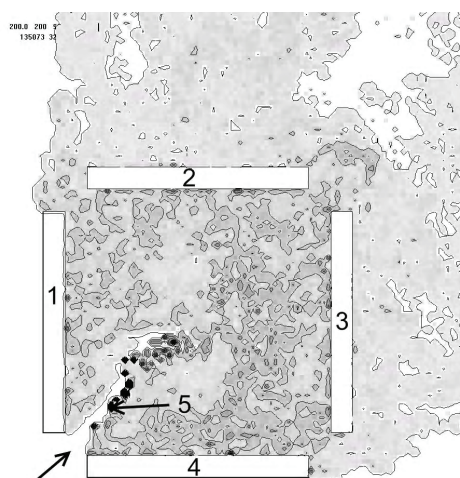


Рисунок 2. Рассеивание загрязнений от источника 5, расположенного внутри многоэтажной застройки замкнутого типа при отсутствии защитного экрана.

При отсутствии защитного экрана (рис. 2), как и ожидалось, загрязнения сосредотачиваются по движению потока в противоположном от источника конце двора (разрыв между зданиями 2, 3). Часть загрязнений перемещается вдоль зданий (здания 3, 4) назад к источнику. В результате во всей территории дворового пространства присутствуют загрязнения.

При наличии защитного экрана I-образной формы, как видно из рис. 3, в пространстве двора, где находится источник выбросов загрязнений, картина рассеивания кардинальным образом не изменяется. Концентрация загрязнений за экраном (разрыв между зданиями 2, 3) уменьшается, однако возрастает концентрация на участке перед экраном. Экран направляет загрязнения к зданиям 1, 4, значительно увеличивая там количество загрязнений по сравнению с первым случаем (рис. 2). Вихри, периодически срывающиеся с боковых границ экрана, забрасывают загрязнения за экран, что уменьшает его защитную функцию. Кроме того, значительно увеличивается количество загрязнений в разрыве между зданиями 1, 2 (рис. 2, 3).

При изменении конфигурации защитного экрана (рис. 4) наблюдается изменение распространения загрязнений возле самого экрана (в сравнении с рис. 3), однако в рамках всей застройки нельзя констатировать увеличение свободных от загрязнения зон.

Сравнительный анализ картины загрязнений на рисунках 2, 3, 4 показывает, что защитный экран любой конфигурации неэффективно выполняет свою функциональную роль: зоны, свобод-

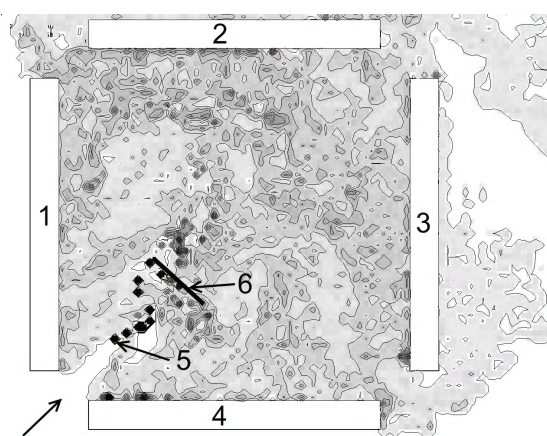


Рисунок 3. Рассеивание загрязнений от источника 5, расположенного внутри многоэтажной застройки замкнутого типа при наличии защитного экрана I-образной формы 6.

ные от загрязнений, в рамках многоэтажной жилой застройки замкнутого типа, не только не увеличились, но уменьшились, что объясняется ухудшением проветриваемости селитебной зоны при наличии дополнительных конструкций внутри дворового пространства.

Выводы

Результаты проведенных численных экспериментов позволили доказать отсутствие влияния защитных экранов различной конфигурации на уменьшение загрязнений дворовых пространств замкнутого типа.

Для решения проблемы уменьшения загрязнений селитебной зоны, по мнению авторов, следует изменить конфигурацию самой многоэтажной застройки на этапе проектирования, отказавшись от использования застройки замкнутого типа. В существующей многоэтажной застройке следует избегать попадания источников загрязнений в дворовое пространство.

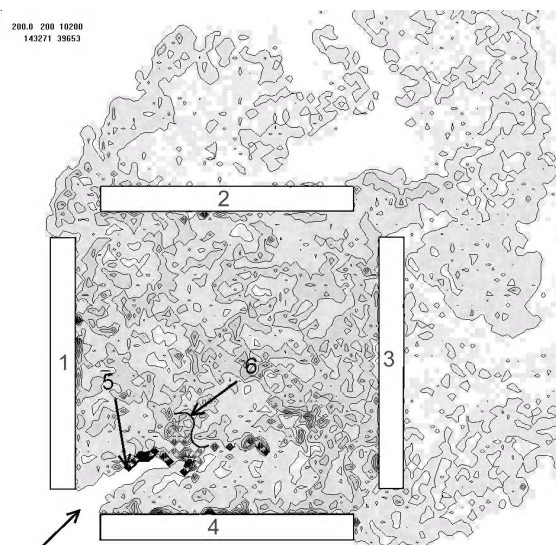


Рисунок 4. Рассеивание загрязнений от источника 5, расположенного внутри многоэтажной застройки замкнутого типа при наличии защитного экрана S-образной формы 6.

Литература

1. Бутягин, В. А. Планировка и благоустройство городов / Бутягин В. А. – М. : Стройиздат, 1974. – 381 с.
2. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Израэль Ю. А. – М. : Гидрометеоздат, 1984. – 560 с.
3. Основи промислової технології та охорони навколишнього середовища / [Огурцов А. П., Мамаєв Л. М., Волошин М. Д. та ін.]. – К. : АКС, 1997. – 250 с.
4. Охрана окружающей среды / [Владимиров А. М., Ляхин Ю. И., Матвеев Л. Т., Орлов В. Г.]. – Л. : Гидрометеоздат, 1991. – 424 с.
5. Марчук, Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды / Г. И. Марчук. – М. : Наука, 1982. – 320 с.
6. Ульшин, В. А. Информационные системы анализа и прогнозирования загрязнения атмосферы стационарными источниками выбросов / Ульшин В. А., Акименко В. В., Тихонюк П. С. [и др.] // Экологические технологии и ресурсосбережение. – 2000. – № 2. – С. 52–59.
7. Моделирование отрывных течений на ЭВМ / [Белоцерковский О. М., Белоцерковский С. М., Давыдов Ю. М., Ништ М. И.]. – М. : Наука, 1984. – 150 с.
8. Гевлич, И. Г. Численное моделирование переноса газообразных примесей с использованием методологии искусственного интеллекта / Гевлич И. Г. // Штучний інтелект. – 2001. – № 4. – С. 13–17.

References

1. Butyagin, V. A. Planning and improvement of cities. Moscow: Stroyizdat, 1974. 381 p. (in Russian)
2. Izrael, Y. A. Ecology and control of the natural environment. Moscow: Gidrometeoizdat, 1984. 560 p. (in Russian)
3. Ogurtsov, A. P.; Mamaeva, L. M.; Voloshin, M. D. et al. Fundamentals of Industrial Technology and Environment. Kyiv: ACS, 1997. 250 p. (in Ukrainian)
4. Vladimirov, A. M.; Lyahin, Y. I.; Matveev, L. T.; Orlov, V. G. Protection of the environment. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991. 424 p. (in Russian)
5. Marchuk, G. I. Mathematical Modeling in Environmental Studies. Moscow: Nauka, 1982. 320 p. (in Russian)
6. Ulshin, V. A.; Akimenko, V. V.; Tihonyuk, P. S.; Dokashenko, A. I.; Vlasov, J. N. Information systems analysis and forecasting of air pollution from stationary sources of emissions. *Ecotechnology & Resource*, 2000, № 2, p. 52–59. (in Russian)
7. Belotserkovsky, O. M.; Belotserkovsky, S. M.; Davydov, Y. M.; Nisht M. I. Modeling of separated flows on the computer. Moscow: Nauka, 1984. 150 p. (in Russian)
8. Gevlich, I. G. Numerical modeling of the transport of gaseous contaminants using the methodology of artificial intellect / Gevlich I. G. // Artificial intellect. – 2001. – № 4. – P. 13–17. (in Russian)

9. Губарь, В. Ф. Численное моделирование переноса атмосферных загрязнений с учетом многоэтажной жилой застройки / Губарь В. Ф., Гевлич И. Г. // Вісник Донбаської держ. академії будівництва і архітектури : зб. наук. праць. – 2001. – Вип. 6(31): Інженерні системи та техногенна безпека у будівництві. – С. 122–126.
9. Gubar, V. F.; Gevlich, I. G. Numerical simulation of transport of air pollution, taking into account multi-storey residential settings. *Proceeding of the Donbas State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 2001, № 6(31): Engineering systems and caused safety in construction, p. 122–126. (in Russian)

Гевлич Іван Геннадійович – к. т. н., доцент кафедри вищої та прикладної математики та інформатики Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: чисельне моделювання.

Копичко Ольга Миколаївна – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри вищої і прикладної математики та інформатики Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: механіка деформованого твердого тіла.

Гевлич Иван Геннадиевич – к. т. н., доцент кафедры высшей и прикладной математики и информатики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: численное моделирование.

Копычко Ольга Николаевна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей и прикладной математики и информатики Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: механика деформируемого твердого тела.

Gevlich Ivan – Ph. D. (Engineering), an Assistant Professor of the Higher and Applied Mathematics and Computer Science Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: numerical simulation.

Kopychko Olga – Ph. D. (Physics and Mathematics), an Assistant Professor of the Higher and Applied Mathematics and Computer Science Department of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: mechanics of deformable rigid body.