

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2021, №6, Том 13 / 2021, No 6, Vol 13 <https://esj.today/issue-6-2021.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/06SAVN621.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Литвинова, Н. А. Разработка алгоритма программы сводного расчета вертикального распределения безразмерных концентраций газообразных загрязнителей с учетом типа локальной застройки / Н. А. Литвинова, В. Н. Азаров // Вестник евразийской науки. — 2021. — Т. 13. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/06SAVN621.pdf>

For citation:

Litvinova N.A., Azarov V.N. Development of an algorithm for the program of summary calculation of the vertical distribution of dimensionless concentrations of gaseous pollutants, taking into account the type of local development. *The Eurasian Scientific Journal*, 13(6): 06SAVN621. Available at: <https://esj.today/PDF/06SAVN621.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

Литвинова Наталья Анатольевна

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

Профессор кафедры «Техносферная безопасность»

Кандидат технических наук, доцент по научной специальности «Экология» (технические науки)

E-mail: litvinova2010-litvinova2010@yandex.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=501472

Азаров Валерий Николаевич

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, Россия

Заведующий кафедрой «Безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве»

Доктор технических наук, профессор

E-mail: azarovpubl@mail.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=148320

Разработка алгоритма программы сводного расчета вертикального распределения безразмерных концентраций газообразных загрязнителей с учетом типа локальной застройки

Аннотация. Авторами представлена разработанная программа для электро-вычислительных машин сводного расчета вертикального распределения безразмерных концентраций газообразных загрязнителей с учетом типа локальной застройки от точечных и передвижных источников выброса в атмосферу на основании многолетних экспериментальных исследований. Программа обеспечивает выполнение функций: на основе заданных исходных данных: высоты здания, расстояния источников до здания, высоты точечного источника, типа локальной застройки (строчная, периметральная, торцевая, торцевая под углом, смешанная), метеорологических параметров (температуры, скорости, розы ветров) в зимний и летний периоды года позволяет произвести сводный расчет по высоте каждого этажа здания величин безразмерных концентраций оксида углерода (II), фенола, формальдегида, углеводородов алифатических (C1-C5) с наветренной и подветренной сторон здания от нескольких источников выброса. Отображает результат в виде таблиц; производит анализ и выделяет этажи здания, где отмечаются превышения концентраций загрязнителей. Экспортирует результаты в файлы программы Excel при различных типах застройки, в том числе результаты сводного расчета источников при локальных застройках. Результаты расчета вертикального распределения концентраций по общепринятой методики по наружной стене здания необходимо учитывать с полученной поправкой учета типа локальной застройки по высоте здания. В статье приведен

подробный алгоритм, блок-схема разработанной программы. Результаты программы можно использовать совместно с базовыми программами для конкретизации типа локальной застройки и учета совместного присутствия точечных источников с передвижными (автотранспорта) при различной интенсивности движения автомагистрали вблизи строящихся зданий и находящихся в эксплуатации.

Ключевые слова: сводный расчет; программа; концентрации; оксид углерода (II); фенол; формальдегид; углеводороды алифатические; тип локальной застройки

Введение

На сегодняшний день требуется уточнение существующей методологии для прогнозирования вертикального загрязнения газообразными загрязнителями в атмосферном воздухе по высоте здания от точечных и передвижных источников выброса с учетом градостроительных типологий городской застройки [1–3]. Это позволит проводить мониторинг качества атмосферного воздуха в любой точке по высоте здания, оценивать и выбирать способы и методы защиты качества воздуха помещений, обосновывать воздухозабор в зданиях, находящихся в эксплуатации и для новых объектов строительства.

В разделе методики расчета рассеивания выбросов в атмосферу¹ (МРР 2017): IX. Метод расчета рассеивания выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферном воздухе с учетом влияния застройки, пункт 9.7. Расчет вертикального распределения ЗВ в атмосфере по вертикали на крышах и стенах зданиях есть поправка учета влияния застройки (длина, ширина зданий, аэродинамические тени), но нет поправки типа локальной застройки (периметральная, точечная, торцевая, торцевая под углом, смешанная). Не учитывается структура застройки кварталов поселения, определяемая сочетанием нескольких градостроительных типологий застройки, в зависимости от взаимного размещения зданий и их расположения по отношению к красным линиям локального района города (или микрорайона) [2–4].

При вертикальном расчете концентраций общепринятой методикой МРР 2017 с учетом застройки, необходимо и важно использовать в качестве приложения (дополнения) разработанную программу вертикального распределения безразмерных концентраций от точечных и передвижных источников², что позволит учитывать не только размеры здания, зоны аэродинамической тени, но и расположения зданий в локальном районе города по типу локальной застройки и поправки с учетом вертикального распределения безразмерных концентраций C_i/C_{\max} газообразных загрязнителей (величину отношения концентрации загрязнителя на каждом этаже здания h_i/H к его максимальной концентрации по наружной стене здания) по высоте каждого этажа здания [5–7].

На основании полученной авторами модели вертикального распределения безразмерных концентраций газообразных загрязнителей по высоте зданий с учетом типа локальной застройки возникла необходимость в разработке алгоритма и блок-схемы программы, позволяющей производить расчет загрязнения газообразными веществами по высоте зданий при совместном присутствии источников выброса в атмосферу (точечного и передвижного) и

¹ Приказ Министерства природных ресурсов и экологии «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» N 273. — Введ. от 6-06-17. Зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации от 10.08.17, N 47734. — 39 с.

² Сводный расчет вертикального распределения безразмерных концентраций по высоте зданий с учетом типа локальной застройки: а.с. 2021663802 Рос. Федерация № 2021664849 / Литвинова Н.А., Азаров В.Н.; заяв. 14.09.2021, опубл.: 14.09.21. — 3 с.

различных вариантах типа локальной застройки (строчная, периметральная, торцевая, торцевая под углом, смешанная) [4; 8–10].

Цель исследований — разработать программу для электро-вычислительных машин (ЭВМ) сводного расчета вертикального распределения безразмерных концентраций газообразных загрязнителей с учетом типа локальной застройки от точечных и передвижных источников выброса в атмосферу на основании многолетних экспериментальных исследований.

Задачи исследования:

1. На основе построенной модели вертикального распределения концентраций загрязнителей в атмосферном воздухе зданий от точечных и передвижных источников выброса полученных по результатам многолетних исследований с 2006 по 2020 гг. разработать алгоритм и блок-схему программы для ЭВМ, которую можно использовать совместно с базовыми программами для учета типа локальной застройки и перетекания масс загрязнителей из одного района в другой.

2. Разработать программу, которая отображает результат как в зимний, так и летний периоды года по всем этажам здания различной этажности; производит анализ и выделяет этажи здания, где отмечаются превышения концентраций загрязнителей при совместном присутствии точечных источников с передвижными (автотранспорта) вблизи строящихся зданий и находящихся в эксплуатации.

Методы

Программа предназначена для сводного расчета величин безразмерных концентраций газообразных загрязнителей по высоте зданий с учетом типа локальной застройки от точечных и передвижных источников выброса (с интенсивностью движения от 500 авт./час; 500–1000 авт./час, 1000–2000 авт./час; свыше 2000 авт./час).

Программа обеспечивает выполнение функций: на основе заданных исходных данных: высоты здания, расстояния источников до здания, высоты точечного источника, типа локальной застройки (строчная, периметральная, торцевая, торцевая под углом, смешанная), метеорологических параметров (температуры, скорости, розы ветров) в зимний и летний периоды года позволяет произвести сводный расчет по высоте каждого этажа здания величин безразмерных концентраций оксида углерода (II), фенола, формальдегида, углеводородов алифатических (C1-C5) с наветренной и подветренной сторон здания от нескольких источников выброса. Отображает результат в виде таблиц; производит анализ и выделяет этажи здания, где отмечаются превышения концентраций загрязнителей. Экспортирует результаты в файлы программы Excel при различных типах застройки, в том числе результаты сводного расчета источников при локальных застройках. Язык: Python; ОС: Windows 7 и выше; Объем программы: 398 Мб.

Результаты расчета вертикального распределения концентраций по общепринятой методики МРР 2017 по наружной стене здания необходимо учитывать с полученной поправкой учета типа локальной застройки по высоте здания.

Ниже приведен алгоритм, блок-схема разработанной программы для ЭВМ сводного расчета вертикального распределения безразмерных концентраций газообразных загрязнителей по высоте зданий с учетом типа застройки (рис. 1).

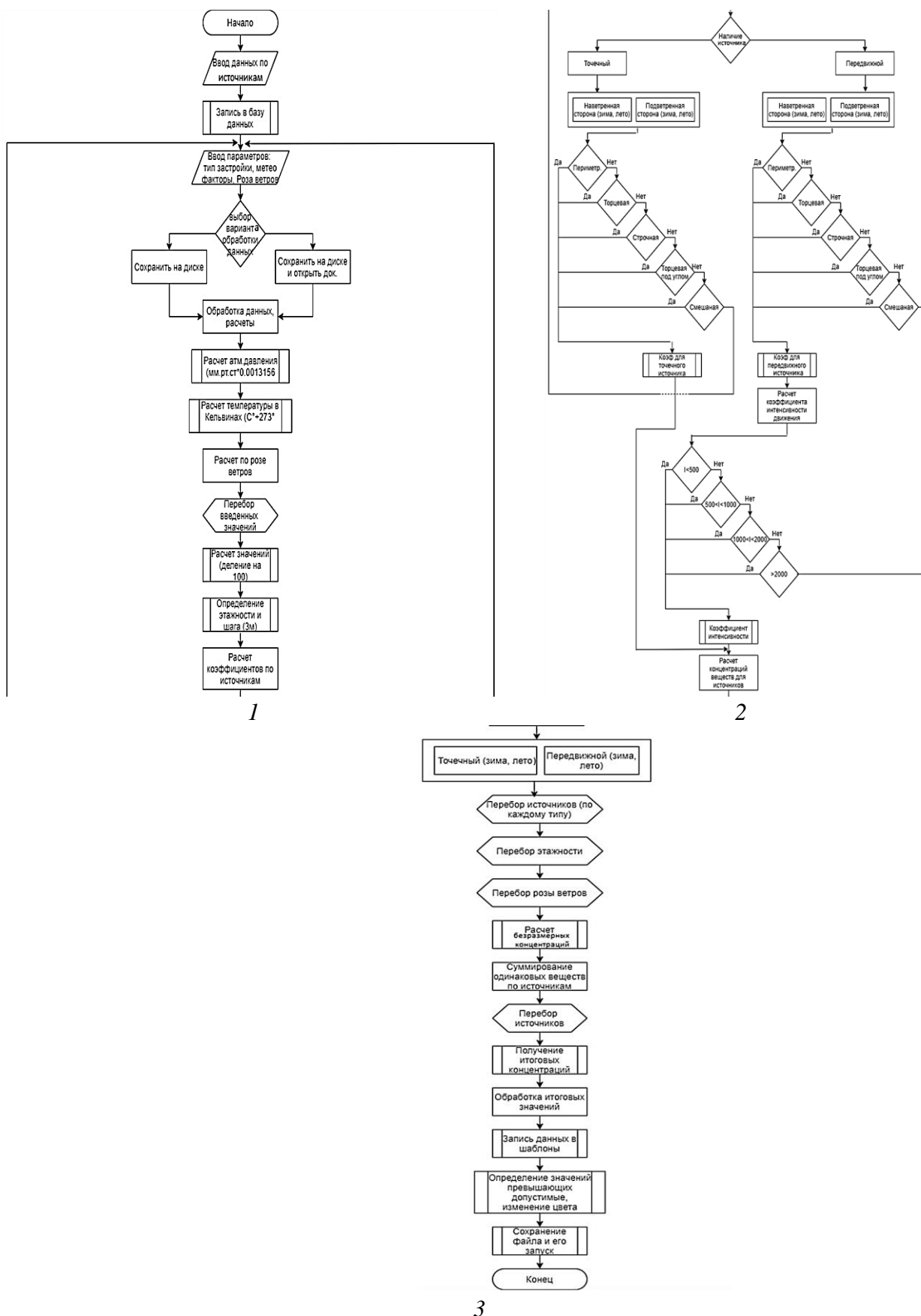


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма программы для ЭВМ сводного расчета безразмерных концентраций газообразных загрязнителей по высоте зданий с учетом типа локальной застройки (составлено авторами)

В основе алгоритма программы положена разработанная модель вертикального распределения безразмерных концентраций газообразных загрязнителей $\frac{ci}{c_{max}}$ с учетом высоты каждого этажа здания (h_i) и высоты всего здания (H), а также характеристик точечного источника выброса и коэффициента диффузии по методу Гиллеленда:

$$\frac{ci}{c_{max}} = -U \frac{0,0125(R_{max}-R_i)}{R_{max}^2} + \frac{0,0043 \cdot T^{3/2}}{p(V_{M,1}^{1/3} + V_{M,2}^{1/3})^2} \cdot \left(\frac{M_1+M_2}{M_1 \cdot M_2}\right)^{1/2} \cdot \left[\frac{0,4146 \cdot (H^2 - H \cdot H_i)}{H^4} - \frac{0,03667 \cdot (H-h_i)}{H^2}\right], \quad (1)$$

где H_i — высота источника, м; H — высота здания, м; R_i — расстояние от источника до наружной стены здания, м; R_{max} — расстояние, на котором достигается максимально-приземная концентрация, м; h_i — высота этажа здания, м; C_i — концентрация загрязнителя на высоте h_i здания, мг/м³; C_{max} — максимальная концентрация по высоте H здания, мг/м³; U — скорость перемещения газообразной примеси, м/с; T — температура воздуха, К; $V_{M,1}$ и $V_{M,2}$ — молярный объем воздуха и загрязняющего вещества при нормальных температурах кипения, см³/моль; M_1, M_2 — молярная масса воздуха и загрязняющего вещества, г/моль; p — атмосферное давление, атм.

Уравнение безразмерных концентраций газообразных загрязнителей $\frac{ci}{c_{max}}$ с учетом высоты каждого этажа здания (h_i) и высоты всего здания (H) получено на основе уравнения турбулентной диффузии (общего уравнения Гаусса) и многолетних экспериментальных исследований. Уравнение необходимо для того, чтобы учитывать долю распределения максимальной концентрации газообразных загрязнителей c_{max} по всем этажам зданий h_i при различных типах застроек.

От магистрали с определенной интенсивностью движения автотранспорта в автомобилях за час (авт./час) в программе рассчитывается величина безразмерной концентрации $\frac{ci}{c_{max}}$ загрязняющих веществ по уравнениям (2)–(3): изменение концентраций от расстояния (R_i до R_{max}) и по вертикали от поверхности земли (h_i до H) соответственно:

$$\frac{ci}{c_{max}} = \frac{0,00004687 \cdot T^{3/2} \cdot \left(\frac{M_1+M_2}{M_1 \cdot M_2}\right)^{1/2} \cdot (R_{max}-R_i)}{p(V_{M,1}^{1/3} + V_{M,2}^{1/3})^2 \cdot R_{max}^2} + \frac{V \cdot 0,00545(R_{max}-R_i)}{R_{max}^2}, \quad (2)$$

$$\frac{ci}{c_{max}} = \frac{0,001686 \cdot T^{3/2} \cdot \left(\frac{M_1+M_2}{M_1 \cdot M_2}\right)^{1/2} \cdot (H-h_i)}{p(V_{M,1}^{1/3} + V_{M,2}^{1/3})^2 \cdot H^2} + \frac{V \cdot 0,198(H-h_i)}{H^2}, \quad (3)$$

где V — скорость ветра, м/с; R_{max} — максимальное расстояние от магистрали до зданий, на котором обнаружена концентрация i -загрязняющего вещества, м; R_i — расстояние от магистрали до здания, м; V — скорость ветра, м/с; H — высота здания, м; h_i — высота этажа, м; T — температура воздуха, К; $V_{M,1}$ и $V_{M,2}$ — молярный объем воздуха и загрязняющего вещества при нормальных температурах, см³/моль; M_1, M_2 — молярная масса воздуха и загрязняющего вещества, г/моль; p — атмосферное давление, атм.

Уравнения (2)–(3) получены на основе уравнения газовой динамики Бюргера, которое описывает перемещение примеси в атмосфере под действием скорости ветра V .

В базе данных программы хранятся коэффициенты учета интенсивности движения магистрали, полученные на основе экспериментальных исследований (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициент учета интенсивности движения магистрали

от 20000–3000 авт./час	от 1000 до 2000 авт./час	от 500–1000 авт./час	до 500 авт./час
0,24	0,19	0,13	0,0667

Составлено авторами

Входящими параметрами программы от точечного источника являются: расстояние от источника до здания R_i , м; высота здания H , м; высота источника H_n , м; отношение высоты источника к высоте здания H_n/H . Входящими параметрами программы от передвижного источника выброса (автомагистрали) являются: расстояние от магистрали до здания R_i , м; высота здания H , м; интенсивность автомагистрали I , авт./час : до 500 авт./час; свыше 500 до 1000 авт./час; свыше 1000 до 2000 авт./час; свыше 2000 авт./час. При точечных и передвижных источниках выброса в атмосферу всегда вводятся в программу метеорологические факторы в зимний и летний периоды года: скорость ветра (V), м/с; температура, K ; давление, мм.рт.ст. (атм.). Кроме того, обязательно указывается тип локальной застройки: периметральная, торцевая, строчная, торцевая под углом, смешанная.

Для расчета эффекта суммации от нескольких источников выброса в атмосферу с наветренной или подветренной сторон здания учитывается суммация безразмерных концентраций газообразных загрязняющих веществ по формуле (4) к максимальной концентрации по высоте H здания:

$$\frac{C_i(\text{источник№1})}{C_{i\max}} + \frac{C_i(\text{источник№2})}{C_{i\max}} + \dots \dots \frac{C_i(\text{источник№n})}{C_{i\max}} \leq \frac{C_i}{C_{i\text{пдж}}}, \quad (4)$$

где C_i — концентрация i -газообразного загрязняющего вещества по высоте каждого этажа здания (h_i) обладающего эффектом суммации, мг/м³; $C_{i\max}$ — максимальная концентрация по высоте здания H , мг/м³; $\frac{C_i}{C_{i\text{пдж}}}$ — предельно-допустимая безразмерная концентрация i -газообразного загрязняющего вещества.

С подветренной стороны здания от магистрали в базе данных программы введен поправочный коэффициент типа локальной застройки в зависимости от интенсивности движения магистрали (табл. 2).

Таблица 2

Поправочные коэффициенты K учета типа локальной застройки для передвижных источников (наветренная/подветренная стороны), I — интенсивность движения, авт./час.

I , авт./час	Торцевая	Строчная	Периметральная	Торцевая под углом	Смешанная
до 500	0,99/0,77	0,76/0,66	1,0/0,37	0,54/0,44	0,32/0,22
от 500–1000	0,99/0,88	0,86/0,76	1,0/0,47	0,64/0,54	0,42/0,34
от 1000–2000	0,99/0,95	0,96/0,86	1,0/0,61	0,75/0,64	0,52/0,44
2000–3000	0,99/0,97	0,99/0,968	1,0/0,75	0,84/0,78	0,62/0,54

Составлено авторами

Для учета типа застройки от точечных источников выброса в базе данных программы хранятся поправочные коэффициенты, учитывающие тип локальной застройки для концентраций загрязняющих веществ с наветренной и подветренной сторон здания, где H_n — высота источника, м и H — высота здания, м (табл. 3).

Таблица 3

Поправочные коэффициенты учета типа локальной застройки для концентраций загрязняющих веществ по высоте здания от точечных источников выброса, работающих на природном газе с наветренной (I) и подветренной (II) стороны здания от источников (K пересчета типа застройки для точечных источников)

H _н /H	Торцевая		Строчная		Периметральная		Торцевая под углом		Смешанная	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
2,5	0,57	0,51	0,32	0,22	0,95	0,76	0,56	0,46	0,76	0,66
2	0,66	0,60	0,44	0,34	0,96	0,82	0,67	0,57	0,66	0,56
1,5	0,82	0,74	0,55	0,45	0,98	0,90	0,74	0,64	0,55	0,45
1	0,97	0,87	0,66	0,56	0,99	0,97	0,65	0,55	0,44	0,34
0,5	0,99	0,96	0,76	0,66	1,0	0,98	0,54	0,44	0,32	0,22

Составлено авторами

Результаты

Фрагменты визуализации разработанного алгоритма программы для ЭВМ сводного расчета безразмерных концентраций по высоте здания при различных типах локальной застройки приведены на рисунке 2.

Рисунок 2. Окно ввода всех исходных данных в программу (составлено авторами)

В программу вводятся параметры точечного источника (высота, расстояние от источника до здания), одновременно высота здания (рис. 3).

Рисунок 3. Окно ввода параметров точечного источника (составлено авторами)

Также исходными данными являются параметры для автомагистрали (рис. 4): расстояние от магистрали до здания, высота здания, интенсивность движения автотранспорта (от 500 авт./час, 500–1000 авт./час, 1000–2000 авт./час, свыше 2000 авт./час). В качестве примера ввод данных приведен на рисунках 4–5.

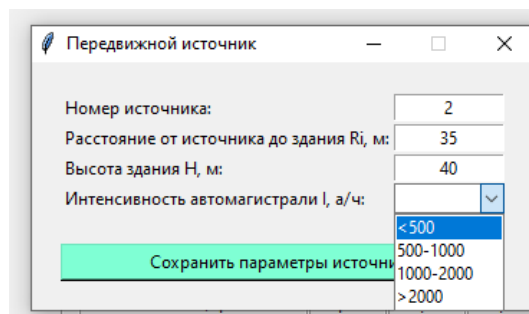


Рисунок 4. Окно ввода данных передвижного источника (составлено авторами)

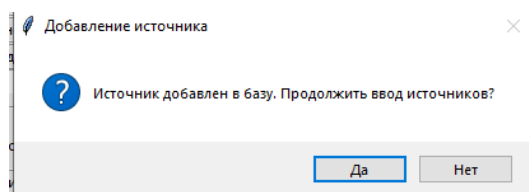


Рисунок 5. Ввод данных нескольких источников (составлено авторами)

В программе, например, возможен ввод нескольких источников, расположенных вблизи локальной застройки города (рис. 6–7).

Номер источника	Ri	H	Hi
3	100.0	30.0	15.0
4	100.0	30.0	35.0
5	150.0	30.0	45.0
6	400.0	30.0	50.0
1	100.0	30.0	15.0
2	100.0	30.0	45.0

R_i — расстояние от точечного источника до здания, м; H — высота здания, м; H_i — высота источника, м

Рисунок 6. Просмотр данных всех добавленных точечных источников (составлено авторами)

Номер источника	Ri	H	I
8	35.0	30.0	> 2000

R_i — расстояние от магистрали до здания; H — высота здания, м; I — интенсивность движения автотранспорта магистрали, авт./час

Рисунок 7. Просмотр данных добавленных передвижных источников (составлено авторами)

Затем в программе выбирается тип локальной застройки (рис. 8).

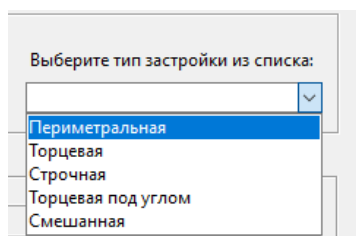


Рисунок 8. Выбор типа локальной застройки (составлено авторами)

Далее вводятся метеорологические условия в зимний и летний периоды года по данным по данным центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды города (среднегодовые): скорость ветра, температура, давление, роза ветров по всем направлениям ветра (рис. 9).

Рисунок 9. Окно ввода метеорологических данных (пример) (составлено авторами)

Затем программа формирует файл в программе Excel, где написан тип локальной застройки, дата и время расчета (рис. 10).

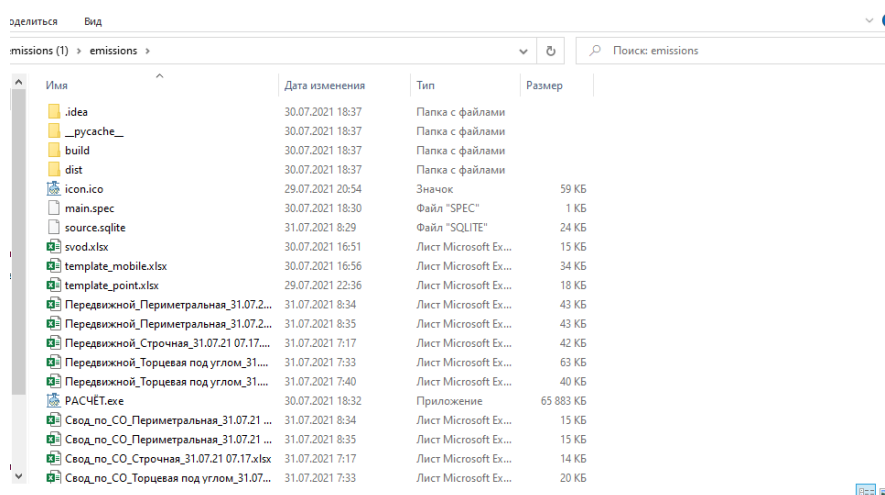


Рисунок 10. Выгрузка файлов Excel по типам застройки и введенным источникам выброса в атмосферу (составлено авторами)

Результатом расчета программы являются по разработанной модели величины безразмерных концентраций (C_i/C_{max}) с наветренной и подветренной стороны (по всем направлениям розы ветров) здания для зимнего и летнего периода оксида углерода (II) CO от точечных источников, сводный расчет CO от точечных и передвижных источников, сводный расчет для магистралей с разной интенсивностью движения безразмерных концентраций CO, фенола, формальдегида, углеводородов алифатических (C1-C5) по всем этажам здания до высоты H здания.

Производится расчет величины безразмерной концентрации загрязнителя, то есть доля распределения к максимальной концентрации по высоте всего здания по всем направлениям ветра (рис. 11–12). Результат расчета можно учитывать при любой ориентации наружной стены здания по частям света (Ю, С, СВ, ЮВ, ЮЗ, В, З). Результаты расчета можно использовать

с расчетами в программах по общепринятым методикам, учитывая коэффициенты учета типа застройки и наветренную или подветренную сторону по отношению к источникам выброса в атмосферу.

Свод_по_CO_Периметральная_31.07.21 08.35.xlsx (Только для чтения) - Microsoft Excel (Своей активации продукта)

Распределение концентраций оксида углерода (II) CO по высоте здания застройки с наветренной стороны здания от передвижных и точечных источников выброса в атмосферу

Величина безразмерной концентрации CO с учетом роза ветров города

Зимний период года							
З	В	ЮЗ	ЮВ	СЗ	СВ	Ю	С
0.001007847	0.000717767	0.001242775	0.002490830	0.000276823	0.000746190	0.001055188	0.000556325
0.000900028	0.000640663	0.001107697	0.002230125	0.000245707	0.000661766	0.000934403	0.000479818
0.000784514	0.000538160	0.000971388	0.001974626	0.000220439	0.000581862	0.000803913	0.000381523
0.000689172	0.000500423	0.000865686	0.001729047	0.000208567	0.000549273	0.000709805	0.000344961
0.000590331	0.000427193	0.000737465	0.001470747	0.000178564	0.000468723	0.000620729	0.000304141
0.000491080	0.000346289	0.000612368	0.001213598	0.000153918	0.000383240	0.000517489	0.000254244
0.000393807	0.000278545	0.000489170	0.000960783	0.000135054	0.000324355	0.000413742	0.000207212
0.000297767	0.000213466	0.000375369	0.000712260	0.000110074	0.000249291	0.000327207	0.000171352
0.000200493	0.000143723	0.000250372	0.000439446	0.000085094	0.000174227	0.000223461	0.000124321
0.000103220	0.000077980	0.000127175	0.000206632	0.000060114	0.000099163	0.000119714	0.000077289

Рисунок 11. Пример результата сводного расчета безразмерных концентраций CO по высоте зданий от точечных источников при периметральном типе застройки (наветренная и подветренная стороны) (составлено авторами)

Передвижная_Периметральная_31.07.21 08.34.xlsx (Только для чтения) - Microsoft Excel (Своей активации продукта)

Распределение концентраций оксида углерода (II) CO по высоте здания застройки с подветренной стороны здания от передвижных источников выброса в атмосферу

Величина безразмерной концентрации CO с учетом роза ветров города

Зимний период года								Летний период года							
Ю	С	В	В	ЮЗ	СЗ	СВ	Ю	С	В	В	ЮЗ	СЗ	СВ	Ю	С
0.000277877	0.000144719	0.000232318	0.000233158	0.000412177	0.000789354	0.000670000	0.000233158	0.000420388	0.000295919	0.000234815	0.000283487	0.000233158	0.000420388	0.000295919	0.000234815
0.000233824	0.000129271	0.000207534	0.000208753	0.000349517	0.000787024	0.000659387	0.000208753	0.000329445	0.000125803	0.000244845	0.000192330	0.000208753	0.000329445	0.000125803	0.000244845
0.000229877	0.000114423	0.000202749	0.000184348	0.000324318	0.000652974	0.000618438	0.000184348	0.000241700	0.000110919	0.000198945	0.000149231	0.000184348	0.000241700	0.000110919	0.000198945
0.000215923	0.000099275	0.000217965	0.000169946	0.000318318	0.000609204	0.000549961	0.000169946	0.000227055	0.000094935	0.000184348	0.000147390	0.000169946	0.000227055	0.000094935	0.000184348
0.000211965	0.000084127	0.000193181	0.000151538	0.000293918	0.000510094	0.000539849	0.000151538	0.000189410	0.000081511	0.000170212	0.000148715	0.000151538	0.000189410	0.000081511	0.000170212
0.000180112	0.000068979	0.000183897	0.000111133	0.000194718	0.000418985	0.000491895	0.000111133	0.000157764	0.000066887	0.000141049	0.000102390	0.000111133	0.000157764	0.000066887	0.000141049
0.000140539	0.000053381	0.000123912	0.000088728	0.000132519	0.000324975	0.000424922	0.000088728	0.000123119	0.000052189	0.000110073	0.000089955	0.000088728	0.000123119	0.000052189	0.000110073
0.000101006	0.000038889	0.000088933	0.000063273	0.000113319	0.000234495	0.000317909	0.000063273	0.000086874	0.000037499	0.000079089	0.000059091	0.000063273	0.000086874	0.000037499	0.000079089
0.000061453	0.000023235	0.000064044	0.000037918	0.000095719	0.000142955	0.000180926	0.000037918	0.000053823	0.000022815	0.000048125	0.000034935	0.000037918	0.000053823	0.000022815	0.000048125
0.000021900	0.000009387	0.000019280	0.000013513	0.000022919	0.000050945	0.000063383	0.000013513	0.000018183	0.000008831	0.000011511	0.000008285	0.000013513	0.000018183	0.000008831	0.000011511

Рисунок 12. Пример результата расчетов безразмерных концентраций CO, фенола, формальдегида, углеводородов алифатических (C1-C5) по высоте зданий от автомагистрали при периметральном типе застройки (составлено авторами)

Выводы

1. Разработан алгоритм и блок-схема программы для ЭВМ сводного расчета вертикального распределения безразмерных концентраций газообразных загрязнителей по высоте здания с учетом типа локальной застройки. Программа обеспечивает выполнение функций: на основе заданных исходных данных: высоты здания, расстояния источников до здания, высоты точечного источника, типа локальной застройки (строчная, периметральная, торцевая, торцевая под углом, смешанная), метеорологических параметров (температуры, скорости, розы ветров) в зимний и летний периоды года позволяет произвести сводный расчет по высоте каждого этажа здания величин безразмерных концентраций оксида углерода (II), фенола, формальдегида, углеводородов алифатических (C1-C5) с наветренной и подветренной здания от нескольких источников выброса. Тип ЭВМ: IBM PC — совмест. ПК; Язык: Python; ОС: Windows 7 и выше; Объем программы: 398 Мб.

2. При вертикальном расчете концентраций общепринятой методикой МРР 2017 с учетом застройки необходимо использовать в качестве приложения (дополнения) разработанную программу вертикального распределения безразмерных концентраций от точечных и передвижных источников, что позволит учитывать не только размеры здания, зоны аэродинамической тени, но и расположения зданий в локальном районе города по типу локальной застройки и результата вертикального распределения безразмерных концентраций C_i/C_{\max} газообразных загрязнителей (величину отношения концентрации загрязнителя C_i на каждом этаже здания h_i/H к его максимальной концентрации C_{\max} по наружной стене здания) по высоте каждого этажа здания.

3. Входящими параметрами программы от точечного источника являются: расстояние от источника до здания R_i , м; высота здания H , м; высота источника H_i , м; отношение высоты источника к высоте здания H_i/H . Метеорологические факторы: скорость ветра (U), м/с: зимний период; летний период; температура, в Кельвинах: зимний период (абсолютный максимум среднегодовой); летний период (абсолютный минимум среднегодовой); давление, мм.рт.ст. (атм): в зимний и летний периоды; роза ветров, по основным румбам (среднегодовые параметры), %: для зимнего и летнего периодов года для городов по данным центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; тип локальной застройки: периметральная; торцевая; строчная; торцевая под углом; смешанная.

4. Входящими параметрами программы с наветренной стороны от передвижного источника выброса (автомагистрали) являются: расстояние от магистрали до здания R_i , м; высота здания H , м; интенсивность автомагистрали I , авт./час: до 500 авт./час; свыше 500 до 1000 авт./час; свыше 1000 до 2000 авт./час; свыше 2000 авт./час. Метеорологические факторы: скорость ветра (V), м/с: зимний период, летний период; температура, К: зимний период (абсолютный максимум); летний период (абсолютный минимум), К; давление, мм.рт.ст. (атм.): зимний и летний периоды; тип локальной застройки: периметральная, торцевая, строчная, торцевая под углом, смешанная.

5. Разработанная программа отображает результат в виде таблиц в зимний и летний периоды года по всем этажам здания различной этажности; производит анализ и выделяет этажи здания, где отмечаются превышения концентраций загрязнителей. Экспортирует результаты в файлы программы Excel при различных типах застройки, в том числе результаты сводного расчета источников при локальных застройках. Результаты разработанной программы можно использовать совместно с базовыми программами для конкретизации типа локальной застройки и учета совместного присутствия точечных источников с передвижными (автотранспорта) с учётом интенсивности движения автомагистрали вблизи строящихся зданий или находящихся в эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азаров, В.Н. Основы балансового метода оценки поступления вредных веществ в район крупного города в рамках концепции биосферной совместимости / В.Н. Азаров, Т.В. Донцова, Д.С. Хегай // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. — 2015. — № 4(12). — С. 10–19.
2. Кузьмичев, А.А. Исследование влияния загрязнения атмосферного воздуха на внешний облик и восприятие строительных конструкций и памятников архитектуры / А.А. Кузьмичев, В.Н. Азаров // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. — 2016. — № 1. — С. 86–96.
3. Кузьмичев, А.В. Обобщающая математическая модель распространения вредных токсичных веществ в воздушной среде: материалы II Международной научно-практической конференции «Качество внутреннего воздуха и окружающей среды» / А.В. Кузьмичев, В.Г. Диденко. — Волгоград, 2004. — С. 16–19.
4. Литвинова, Н.А. Улучшение качества воздушной среды помещений с учетом качества наружного воздуха: монография / Н.А. Литвинова. — Тюмень: ТИУ, 2019. — 150 с.
5. Донцова, Т.В. О моделировании динамики переноса примесей в атмосфере городов / Т.В. Донцова, С.С. Храпов, В.Н. Азаров // Альтернативная энергетика и экология. — 2013. — № 12. — С. 67–72.
6. Владимиров, Е.А. Численное моделирование распространения пассивной примеси в атмосфере / Е.А. Владимиров // Метеорология и гидрология. — 1999. — № 7. — С. 22–34.
7. Isiugo K., Jandarov R., Cox J., Chillrud S., Grinshpun S.A., Hyttinen M., Yermakov M., Wang J., Ross J., Reponen T. Predicting Indoor Concentrations of Black Carbon in Residential Environments // Atmos Environ (1994). 2019 15 марта; 201: P. 223–230.
8. Taylor J., Shrubsole C., Biddulph P., Jones B., Das P., Davies M., Taylor J., Shrubsole C., Biddulph P., Jones B., Das P., Davies M. Simulation of pollution transport in buildings: the importance of taking into account dynamic thermal effects // Build Serv Eng Res. 2014; Vol. 35(6). P. 682–690.
9. Kelly F., Anderson H.R., Armstrong B., Atkinson R., Barratt B., Beevers S., Derwent D., Green D., Mudway I., Wilkinson P. Emissions modeling and analysis of air pollution measurements // HEI Health Review Committee. Res Rep Health Eff Inst. 2011 Apr; (155): P. 5–71.
10. Gallego E., Roca F.X., Guardino X., Rosell M.G. 2008. Indoor and outdoor BTX levels in Barcelona City metropolitan area and Catalan rural areas. Journal of Environmental Sciences, 20(9), P. 1063–1069.

Litvinova Natal'ja Anatol'evna

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia
E-mail: litvinova2010-litvinova2010@yandex.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=501472

Azarov Valery Nikolaevich

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia
E-mail: azarovpubl@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=148320

Development of an algorithm for the program of summary calculation of the vertical distribution of dimensionless concentrations of gaseous pollutants, taking into account the type of local development

Abstract. The authors present a developed program for electric computers for the summary calculation of the vertical distribution of dimensionless concentrations of gaseous pollutants, taking into account the type of local development from point and mobile sources of emission into the atmosphere on the basis of long-term experimental studies. The program provides the following functions: based on the specified initial data: the height of the building, the distance of sources to the building, the height of the point source, the type of local development (lowercase, perimeter, end, end at an angle, mixed), meteorological parameters (temperature, speed, wind rose) in winter and summer, allows you to make a summary calculation of the height of each floor of the building of the values of dimensionless concentrations of carbon monoxide (II), phenol, formaldehyde, aliphatic hydrocarbons (C1-C5) from the windward and downwind of the building from multiple emission sources. Displays the result in the form of tables; performs analysis and highlights.

Keywords: summary calculation; program; concentrations; carbon monoxide (II); phenol; formaldehyde; aliphatic hydrocarbons; type of local development