

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ЭМИССИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И УСТАНОВЛЕНИЕ ОПАСНОГО РАССТОЯНИЯ ДЛЯ СТРОЯЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ КОНСТРУКТИВНЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ

Т. С. Башева, к.т.н., доцент; А. А. Шейх

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» г. Макеевка

Аннотация. В работе установлены основные факторы, влияющие на величину воздействия строительного процесса на атмосферный воздух. Определены валовые значения образующихся загрязняющих веществ на разных стадиях строительства с последующей их суммацией. Установлено, что при строительстве зданий наибольшее количество выбросов загрязняющих веществ выбрасывается в атмосферный воздух при работе спецтехники и выполнении земляных работ на нулевом цикле возведения зданий. Установлены математические зависимости изменения суммарного значения валовых выбросов от объема строительства, этажности зданий. Изучено изменение величины эмиссии загрязняющих веществ с учетом календарного графика выполнения строительных работ. Определены расстояния от источников выброса на строительной площадке, на которых достигаются максимальные концентрации загрязняющих веществ. Получены карты изолиний приземных концентраций загрязняющих веществ для выборки исследуемых объектов на стадии выполнения работ нулевого цикла.

Ключевые слова: экологическая безопасность, строительство, этапы возведения, загрязнение атмосферы, мощность выбросов, период строительства, жилая застройка.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Выбор правильных технологических и организационных решений на этапах проектирования современных жилых объектов зависит от правильной оценки уровня воздействия строительства зданий большой этажности на атмосферный воздух [1]. Чаще всего возводимые здания являются многоэтажными, поскольку территории, на которых планируется строительство, имеют небольшие размеры по площади и размещаются вблизи уже существующих жилых домов. В виду того, что процесс строительства зданий носит кратковременный характер, воздействие на состояние всех компонентов ОС, в частности на атмосферный воздух, является временным и незначительным по сравнению с другими источниками загрязнения городской среды. Поскольку по завершению проведения всех видов работ воздействие прекращается, происходит нормализация показателей качества воздуха на данном участке территории. О величине негативного влияния процесса строительства зданий на атмосферный воздух на конкретной отдельно взятой территории можно судить только лишь на основании полученных расчетным путем значений максимально разовых и валовых выбросов загрязняющих веществ, образующихся при выполнении строительных работ на стройплощадке. А установление величины опасного расстояния для объектов позволит в дальнейшем определить условные расстояния для нормирования санитарно-защитной зоны объектов жилой застройки, поскольку, при невозможности применения эффективного газоочистного оборудования для неорганизованных источников выбросов, одним из основных принципов обеспечения экологической безопасности на строительной площадке является принцип защиты расстоянием.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Согласно Закону ДНР «Об охране окружающей среды» [2], Федеральному закону от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об охране окружающей среды» и ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» [3], при проектировании и строительстве новых зданий обязательно должна производиться оценка их воздействия на окружающую среду, на основании которой на весь период строительства разрабатываются мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду. Для того, чтобы правильно оценить влияние процесса возведения здания на атмосферный воздух территории застройки необходимо учитывать технологию и особенности организации каждого отдельного строительства, так как возводимые жилые здания отличаются друг



Башева
Татьяна Сергеевна



Шейх
Александра Александровна

от друга конструктивными параметрами, площадью строительной площадки, объемами и продолжительностью строительства.

В работе [4] установлены основные факторы, влияющие на величину воздействия строительного процесса на атмосферный воздух: продолжительность строительства, этажность зданий, план расположения застройки, применяемые материалы в процессе строительства и их количество. При этом следует учитывать, что степень загрязнения атмосферного воздуха обуславливается целым рядом природно-климатических факторов: температурой и влажностью воздуха, направлением и скоростью ветра, характером рельефа местности и растительности. В условиях городской застройки определяющими факторами метеопараметров для рассеивания являются локальный вектор и скорость ветра, влияние остальных относительно инертно [5]. В значительной степени уровень воздействия на ОС зависит от технологической оснащенности строительного производства, типа и качества строительных машин, механизмов и транспортных средств, типов и мощности их двигателей и других факторов. Немалое значение на показатели эмиссии оказывают совершенство организации и технологии производства строительного процесса [6]. Установлено [7], что при строительстве зданий наибольшее количество выбросов загрязняющих веществ выбрасывается в атмосферный воздух при работе спецтехники и выполнении земляных работ на нулевом цикле возведения зданий.

ОСНОВНАЯ ЦЕЛЬ СТАТЬИ

Изучение влияния конструктивных особенностей строящихся зданий и характеристик источников выбросов, расположенных на строительной площадке, на величину эмиссии расстояния до загрязняющих веществ и расстояние, на котором достигается максимальная концентрация загрязнений.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методология и методы проведения исследования. Для анализа изменения величины эмиссии загрязняющих веществ в процессе возведения новых зданий и установления опасного расстояния для строительных объектов в работе проанализированы проекты возведения 20 жилых зданий различной этажности: от 3-х до 26-ти этажей, которые были расположены в одной климатической зоне. Здания отличались между собой этажностью, архитектурно-планировочными особенностями, объемами и периодом строительства. В таблице 1 представлена сравнительная характеристика архитектурно-технических параметров исследуемых объектов.

В ходе выполнения исследований были определены максимально разовые и валовые значения образующихся загрязняющих веществ на разных стадиях строительства с последующей их суммацией. Поскольку на сегодняшний день нет утвержденных методик, которые предназначены для определения выбросов загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух на строительных площадках, то для оценки этих выбросов используют методики, в которых содержится порядок расчета выбросов, поступающих от отдельных процессов и механизмов, используемых непосредственно на строительной площадке [8-15]. При расчете значений валовых выбросов в атмосферу были определены годовые массы следующих веществ, образующихся

в процессе возведения зданий: Дижелезо триоксид, марганец и его соединения, хром, азота диоксид, азота оксид, сажа, сера диоксид, углерод оксид, фтора газообразные соединения, фториды плохо растворимые, диметилбензол, керосин, уайт-спирит, взвешенные вещества, пыль неорганическая: $SiO_2 > 70\%$. На основании полученных значений максимально разовых значений выбросов были определены опасные расстояния от источника выброса с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы УПРЗА «Эко центр». На примере строительства 6-ти этажного жилого здания (п. 6 таблица 1) было изучено изменение величины эмиссии загрязняющих веществ с учетом календарного графика выполнения строительных работ.

Результаты исследований. Источниками загрязнения атмосферного воздуха при возведении новых жилых объектов являются практически все виды строительных работ, производимые на каждом из этапов строительства [4,16]. Анализ характерных признаков источников загрязнения атмосферы, расположенных на стройплощадках (рис. 1), позволил установить, что согласно принятой классификации источников загрязнения воздушной среды городских территорий [17] они относятся к неорганизованным источникам (тип 3). При этом характеристика источника «по высоте выброса», зависящая от высоты H устья источника выброса загрязняющего вещества над уровнем земной поверхности, меняется в зависимости от этапа строительного производства:

- работы нулевого цикла относятся к наземным источникам, когда устье источника выброса находится на высоте $H < 2$ м;
- низкими принято считать источники высотой $H = 2-10$ м. Низкие, расположенные в зоне подпора или аэродинамической тени здания или другого препятствия;
- при выполнении строительных работ первого и второго циклов источники выбросов относятся к категории средней высоты (высотой $H = 10-50$ м);
- с появлением высотного строительства и возведением зданий более 17 этажей на строительной площадке можно выделить источники «высокие» – высотой $H > 50$ м.

Классификация источников выбросов, расположенных на строительном объекте, является первоочередной задачей, так как тип источника и условия выбросов влияют на выбор расчетной методики определения величины максимально достигаемой приземной концентрации вредного вещества на опасном расстоянии от источника выброса.

В работе на основании полученных суммарных значений валовых выбросов и таблицы 1 были установлены математические зависимости изменения суммарного значения валовых выбросов от объема строительства (рис. 2 а), этажности зданий (рис. 2 б).

Анализ рисунка 2 а показал, что наблюдается увеличение количества выбросов в атмосферу с увеличением объемов строительства объекта по степенной зависимости $M_B = 0,04V_3^{0,48}$. Так, например, при сравнении процесса строительства 3-х и 15-ти этажных зданий наблюдается увеличение количества объемов строительства почти в 12 раз, и как следствие, количество выбрасываемых загрязняющих веществ увеличивается в 3,2 раза. Сравняя проекты возведения 15-ти и 26-ти этажных зданий, при увеличении объема

Таблица 1.

Сравнительная характеристика исследуемых объектов строительства

№ п/п	Этажность здания	Размеры в плане, м	Высота здания м	Площадь застройки, м ²	Площадь участка, м ²	Строительный объем, м ³	Время строительства, день
1	3	42,0x36,0	11,65	1512,0	5300	12651	119
2	3	20,0x13,0	13,60	284,0	915	3667	214
3	5	120,0x140,0	22,50	4585,7	16800	119493	812
4	5	27,0x12,0	29,66	2734,7	7865	11733	189
5	5	27,5x19,2	15,60	1385,0	6750	8016	165
6	6	20,5x25,1	23,78	643,4	4179	17636	300
7	5	37,2x12,6	19,10	1459,9	6000	10428	270
8	8	92,8x48,8	28,92	1226,5	63000	34328	336
9	9	60,0x18,0	30,80	2108,0	10260	35640	352
10	9	30,1x50,4	31,80	1517,0	11920	48511	430
11	9	39,4x10,3	32,90	1442,0	8760	18678	250
12	9	40,5x58,9	30,50	2385,9	4163	11134	415
13	10	70,2x19,0	31,70	3306,0	11304	63168	370
14	12	30,8x49,4	41,00	953,0	11714	39073	395
15	14	98,2x15,5	46,72	3521,0	43695	35720	235
16	15	17,0x56,7	53,57	806,4	16125	42739	438
17	16	14,4x52,8	50,40	760,3	8892	35453	352
18	20	42,0x48,0	64,00	815,0	12200	43200	315
19	25	27,6x27,6	86,50	930,0	10410	62694	572
20	26	24,7x23,0	83,49	1615,0	14252	53676	560

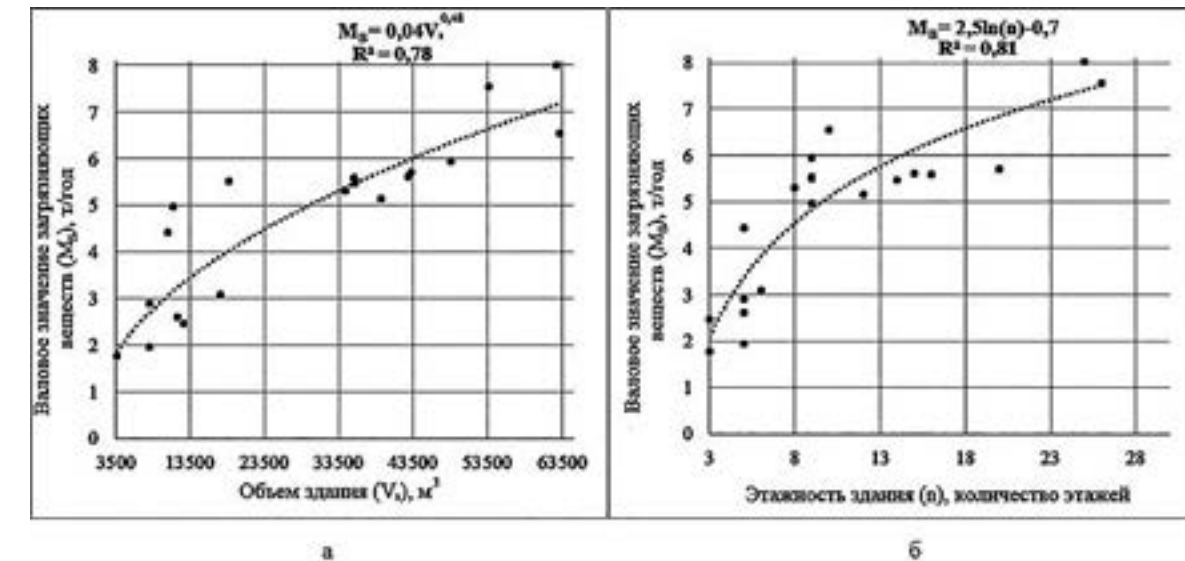


Рис. 2. Зависимость изменения валовых выбросов от объемов строительства (а) и этажности зданий (б)

составляет $\Delta M_B = 0,84$ т/этаж за счет проведения земляных работ, а далее в результате проведения отделочных работ – снижается. Например, при сравнении проектов 14-ти и 15-ти этажных зданий, значение удельного прироста составляет $\Delta M_B = 0,13$ т/этаж. Следовательно, с увеличением этажности зданий показатель удельного прироста обратно пропорционально снижается.

Полученные расчетным путем величины мощности выбросов вредных веществ, сопоставленные с календарным планом производства выполнения строительных работ, позволили определить наиболее опасный период строительства с точки зрения воздействия на окружающую среду (рис. 3). Результаты представлены для случая строительства 6-ти этажного здания (п.6 таблица 1) на строительной площадке.

Как следует из полученных данных, максимальная величина эмиссии поллютантов в ходе строительных работ

приходится на промежуток времени с 18 по 40 день, на котором происходит выполнение работ нулевого цикла – разработка грунта в котловане и монтажные работы подземной части, поскольку на данном этапе основными источниками выделения загрязняющих веществ являются работы, связанные с планировкой строительной площадки, хранением сыпучих строительных материалов (выемка грунта при рытье котлованов, траншей, бурильные работы, отсыпка площадок, например, песком, щебнем, места хранения пылящих материалов), различные виды сварки, резки металлоконструкций, механическая обработка материалов, дорожно-строительные машины (бульдозеры, экскаваторы, краны, погрузчики) и автомобильная техника (самосвалы, грузовые машины). Полученная зависимость (рис. 3) изменения величины эмиссии загрязняющих веществ с учетом календарного графика позволяет сконцентрировать внимание природоохранных служб



Рис. 1. Источники загрязнения атмосферного воздуха на строительных площадках в зависимости от этапа строительства

зданий в 1,4 раза, валовые выбросы возрастают в 1,35 раз. Рост этажности возводимых зданий (рис. 2 б) также влечет за собой дополнительную нагрузку на атмосферный воздух и увеличивается по логарифмической зависимости $M_B = 2,5\ln(n) - 0,7$. Сравнительный анализ выбросов от строительства 3-х и 15-ти этажных зданий показал, что увеличение этажности в 5 раз увеличивает выбросы в 3,2 раза. Если сравнить строительство высотных зданий, например, 15-ти и 26-ти этажных, то увеличение этажности

в 1,7 раза повышает тоннаж выбросов в 1,5 раза. Это объясняется тем, что существенный вклад в суммарное значение выбросов привносят земляные работы.

Можно сказать, что согласно рисунку 2 б удельный прирост (ΔM_B) количества выбросов загрязняющих веществ на один возводимый этаж составляет $\Delta M_B = 0,29$ т/этаж. Детальный анализ проектов жилых зданий показал, что с увеличением роста зданий с 3-х до 4-х этажей удельное количество образующихся веществ

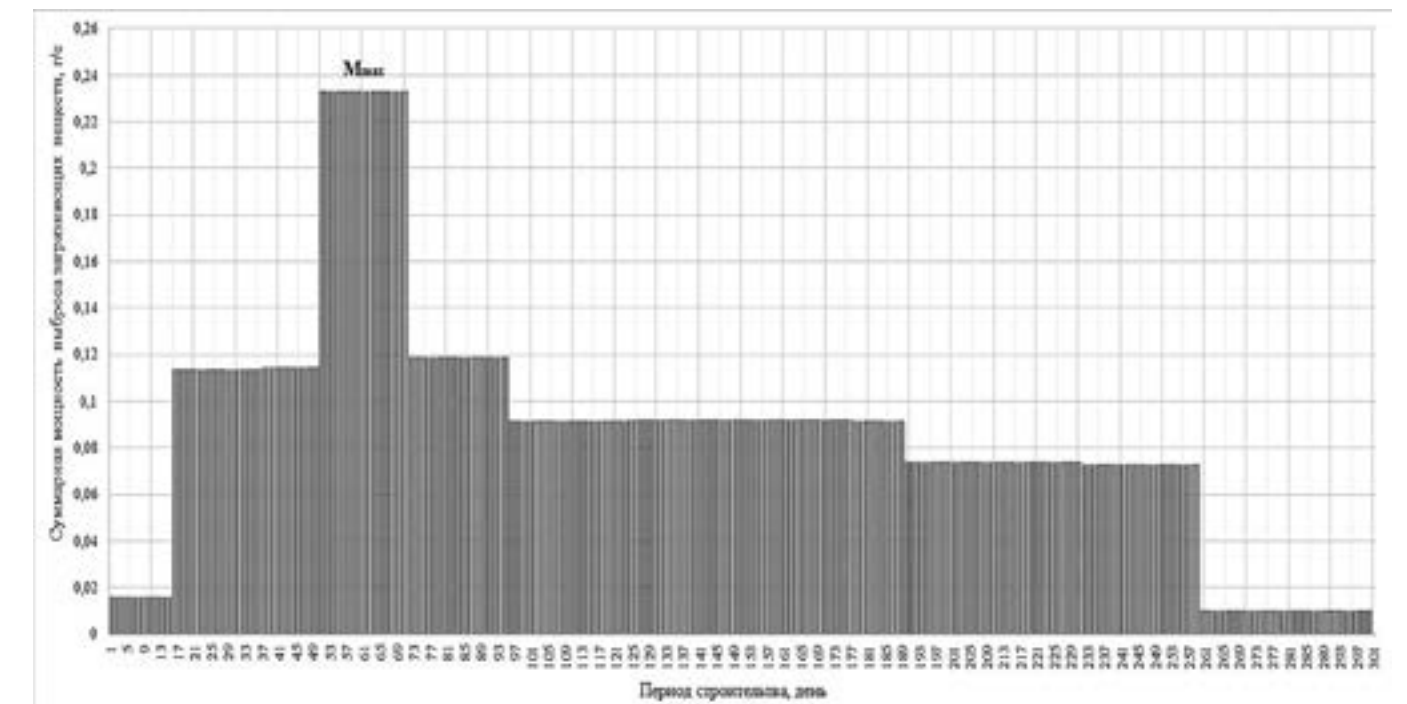


Рис. 3. Изменения величины эмиссии загрязняющих веществ с учетом календарного графика

строительных объектов именно на данных этапах работы с целью обеспечения максимального предотвращения эмиссии в окружающую среду и роста уровня экологической безопасности строительных процессов.

Далее исследования были направлены на установление опасного расстояния для строительных объектов с различными конструктивными особенностями на всех циклах проведения строительных работ. На основании полученных величин максимально разовых концентраций загрязняющих веществ был проведен расчет загрязнения атмосферы в соответствии с методикой МРР-2017 [18], с использованием унифицированной программы расчёта загрязнения атмосферы УПРЗА «ЭКО центр».

В соответствии с вышеуказанной методикой максимальная приземная разовая концентрация загрязняющих веществ C_M , мг/м³ при выбросе ГВС достигается при опасной скорости ветра V_M на расстоянии X_M от источника выброса и определяется по формуле (1):

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{4/3}} \cdot K, \quad (1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе;

M – масса загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферный воздух в единицу времени (мощность выброса), г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ (газообразных и аэрозолей, включая твердые частицы) в атмосферном воздухе;

n – безразмерный коэффициент, учитывающий условия выброса из устья источника выброса;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности;

H – высота источника выброса, м;

K – коэффициент, зависящий от скорости ветра и объема выхода ГВС, с/м².
Расстояние X_M от источника выброса, на котором приземная концентрация C загрязняющего вещества при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения C_M , определяется по формуле (2):

$$X_M = \left[\frac{5-F}{4} \right] \cdot d \cdot H, \quad (2)$$

где d – безразмерный коэффициент, значение которого для холодных выбросов зависит от опасной скорости ветра V_M .

При изучении вопроса влияния конструктивных особенностей и мощностей выбросов на величину опасного расстояния от строительного объекта до точки достижения максимальной концентрации обоснована целесообразность анализа только нулевого этапа строительства, так как концентрации выбросов на других этапах приблизительно в 8 раз меньше, а также в виду этажности строительного процесса данные выбросы не суммируются.

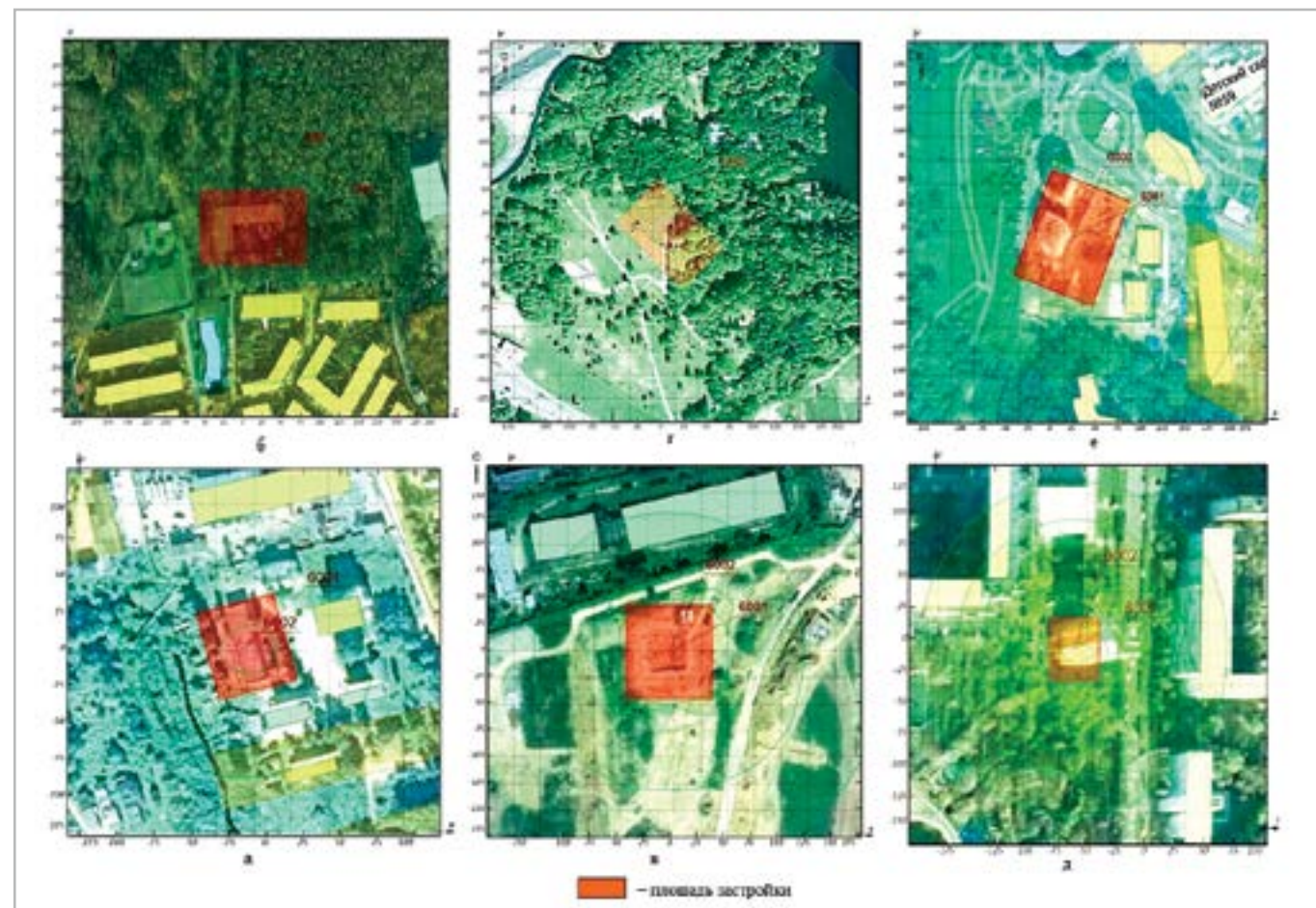


Рис. 4. Изолинии расчётных концентраций по исследуемым строительным площадкам:

а – 6-ти этажное здание; б – 8-ти этажное здание; в – 12-ти этажное здание; г – 15-ти этажное здание; д – 17-ти этажное здание; е – 25-ти этажное здание

Таблица 2.

Изменение величины опасного расстояния, при выполнении работ нулевого цикла на объектах исследования

Загрязняющее вещество	Расстояние, на котором достигается максимальная приземная концентрация (X_M), м
Пыль неорганическая	14,25
NO ₂	28,50
NO	28,50
Сажа	28,50
SO ₂	28,50
CO	14,25
Керосин	28,50

Таблица 3.

Изменение величины эмиссии загрязняющих веществ от опасного расстояния, при выполнении работ нулевого цикла на объектах исследования

Загрязняющее вещество	Значение максимальной концентрации в точке X_M для исследуемых строительных объектов, д.ПДК								
	6-ти	8-ти	9-ти	12-ти	15-ти	17-ти	20-ти	25-ти	26-ти
Пыль неорг.	0,54	1,1	1,0	1,01	1,7	1,24	1,25	1,28	1,70
NO ₂	0,23	0,31	0,26	0,15	0,40	0,19	0,50	0,19	0,17
NO	0,02	0,02	0,02	0,01	0,032	0,02	0,05	0,04	0,02
Сажа	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,03	0,04	0,04
SO ₂	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01
CO	0,11	0,14	0,13	0,18	0,4	0,01	0,34	0,08	0,09
Керосин	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01

В результате проведенного расчета рассеивания с использованием программного продукта УПРЗА «Эко центр» на рисунке 4 приведены полученные карты изолиний приземных концентраций загрязняющих веществ для выборки исследуемых объектов на стадии выполнения работ нулевого цикла. На основании карт рассеивания загрязняющих веществ и расчетных данных, полученных из универсальных зависимостей формул (1, 2), исходя из методики МРР-2017 [18] были получены расчетные величины максимальных расстояний, на которых достигается величина максимальной концентрации для различных групп веществ, список которых представлен в таблице 2.

Даже при условии плотной городской застройки на основании полученных данных, представленных в таблице 2, наименьшее расстояние от строительной площадки до близко расположенных зданий должно быть не менее 14,25 м. Непропорциональность изменения величины

коэффициента X_M объясняется тем, что большая часть рассчитываемых загрязняющих веществ попадает в группу газовых выбросов (безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе $F = 1$).

В таблице 3 представлены полученные результаты изменения величины эмиссии загрязняющих веществ от опасного расстояния, при выполнении работ нулевого цикла на объектах исследования. В соответствии с п. 1 Приложения 1 [19] расчет выбросов по углеводородам, поступающим в атмосферу от дорожной техники, работающей на дизельном топливе, был проведен по керосину (код 2732).

Разрешается размещение источника производственной деятельности при условии, если на границе жилой зоны и на других территориях проживания, полученные значения концентраций загрязняющих веществ не превышают 0,8 ПДК [20].

ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования можно сформулировать следующие выводы:

- установлены основные факторы, влияющие на величину воздействия строительного процесса на атмосферный воздух;
- установлено, что характеристика источника «по высоте выброса» меняется в зависимости от этапа строительного производства;
- определены максимально разовые и валовые значения образующихся загрязняющих веществ на разных стадиях строительства с последующей их суммацией;
- установлены математические зависимости изменения суммарного значения валовых выбросов от объема строительства и этажности зданий;
- изучено изменение величины эмиссии загрязняющих веществ с учетом календарного графика выполнения строительных работ, максимальная величина эмиссии поллютантов приходится на промежуток времени с 18 по 40 день, на котором происходит выполнение работ нулевого цикла;
- определены опасные расстояния от источников выбросов, расположенных на строительной площадке, и установлено, что на опасном расстоянии ХМ наблюдается превышение выбросов по загрязняющему веществу – пыль неорганическая, которая образуется на строительной площадке при выполнении земляных работ.

Список литературы

1. Блинов, В. А. Адаптация высотной застройки в структуре современного города [Текст] / В. А. Блинов // Градостроительство: академический вестник. – Екатеринбург, 2010. – С. 18-24.
2. Об охране окружающей среды [Текст]: Закон ДНР от 30.04.2015 г. № 38-ІНС. – 2015. – 68 с.
3. Об охране атмосферного воздуха [Текст]: Федеральный закон от 04.05.1999 N 96-ФЗ. – 1999. – 54 с.
4. Башева, Т. С. Изменение эмиссии загрязняющих веществ в зависимости от архитектурно-технических характеристик возводимых зданий [Текст] / Т. С. Башева, А. А. Шейх, // Вестник Донбасской академии строительства и архитектуры. – Макеевка: ДОННАСА. – 2018. – Выпуск 5 (№ 133). – С. 96-101.
5. Ковалев, Д. С. Экологическая оценка жилой среды дореволюционных многоквартирных домов Санкт-Петербурга [Текст] / Д. С. Ковалев // Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства: Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. – Пермь: ПНИПУ, 2019. – Выпуск 1. – С. 79-102.
6. Weisheng, Lu. A framework for understanding waste management studies in construction [Text] / Weisheng Lu, Hongping Yuan // Waste Management, 2011. – v. 31 n. 6. – P. 1252-1260.
7. Башева, Т. С. Влияние параметров возводимых зданий на уровень загрязнения атмосферного воздуха [Текст] /

- Т. С. Башева, А. А. Шейх // Инновации в строительстве-2018: материалы международной научно-практической конференции. – Брянск, 2018. – С. 155-161.
8. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [Текст]. – СПб.: НИИ Атмосфера, 2005. – 166 с.
9. Методика расчета выделений загрязняющих веществ в атмосферу при сварочных работах (на основе удельных показателей) [Текст]. – СПб.: НИИ Атмосфера, 2015. – 37 с.
10. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при механической обработке металлов (на основе удельных показателей) [Текст]. – СПб.: НИИ Атмосфера, 2015. – 32 с.
11. Методика расчета выделений (выбросов) загрязняющих веществ в атмосферу при нанесении лакокрасочных материалов (на основе удельных показателей) [Текст]. – СПб.: НИИ Атмосфера, 2015. – 37 с.
12. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортных предприятий (расчетным методом) [Текст]. – М., 1998. – 45 с.
13. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для баз дорожной техники (расчетным методом) [Текст]. – М., 1998. – 65 с.
14. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для авторемонтных предприятий (расчетным методом) [Текст]. – М., 1998. – 67 с.
15. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов [Текст]. – Новороссийск, 2001. – 28 с.
16. The control of dust and emissions during construction and demolition supplementary planning guidance [Text] / Celeste Giusti, Jane Carlsen, Katie Watson, etc. – Published by Greater London Authority City Hall The Queen’s Walk More London, 2014. – P. 113.
17. Гурова, О. С. Основные принципы классификации источников загрязнения воздушной среды городских территорий Южного Федерального Округа [Текст] / О. С. Гурова // Наукоедение: Интернет журнал. – М: Изд-во «Наукоедение», 2013. – Выпуск № 5. – С. 1-8.
18. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе. Утв. приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273 [Текст]. – 79 с.
19. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [Текст]. – СПб.: НИИ Атмосфера, 2012. – 224 с.
20. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (с «Изменения 1 к СанПиН 2.2.1./2.1.1.1200-03. Новая редакция» утверждены и введены в действие постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 10 апреля 2008 г. № 25) [Текст]. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2008. – 32 с.

УДК 624.131.1(075.8)

ISSN 2617-1848

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТА ДЛЯ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. А. Петраков, д.т.н., профессор; Н. А. Петракова, к.т.н., доцент; М. Д. Панасюк

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

Аннотация. Получены расчетные формулы для преобразования прочностных характеристик грунтов, определенных по стандартным методикам, для использования в численных исследованиях, основанных на применении октаэдрической теории прочности. Показано, что прочностные характеристики грунтов, отнесенные к октаэдрическим площадкам, являются инвариантами и не зависят от методов их определения. Доказано, что выбор методов определения стандартных характеристик грунтов не будет оказывать влияния на результаты численных исследований. Продемонстрирована целесообразность использования общей теории прочности, в основе которой лежит уравнение Мизеса-Шлейхера-Боткина, для расчетов оснований, сложенных связными и несвязными грунтами, скальными грунтами, а также для расчета конструкций из бетона, камня и других материалов. Это один из наиболее простых методов учета анизотропных свойств материалов, проявляющихся в виде различного сопротивления сжатию и растяжению.

Ключевые слова: уравнения прочности Кулона-Мора, уравнения прочности Мизеса-Шлейхера-Боткина, октаэдрические площадки.



Петраков Александр Александрович



Петракова Наталья Александровна



Панасюк Марк Дмитриевич

ВВЕДЕНИЕ

Прочностные характеристики грунта [1] являются коэффициентами в одном из уравнений прочности: – для фиксированной площадки среза

$$\tau = -\sigma \cdot \text{tg} \varphi + c \tag{1}$$

$$\sigma_i = -\sigma_0 \cdot \text{tg} \varphi_{oct} + c_{oct} \tag{2}$$

Примечание: здесь и далее принято правило знаков для напряжений, используемое в строительной механике.

В формулах (1) и (2) приняты следующие обозначения: τ – предельное сопротивление грунта сдвигу по фиксированной площадке при нормальном напряжении σ ; σ_1 – предельная интенсивность напряжений при среднем давлении σ_0 ; φ – угол внутреннего трения; c – удельное сцепление; φ_{oct} и c_{oct} – то же, для октаэдрической площадки.

Прочностные характеристики грунтов определяются, как правило, в лабораторных условиях по стандартным методикам [2]. Для этих целей используются срезные приборы, стабилометры, приборы трехосного сжатия и прессы. Результаты испытаний по различным методикам несколько отличаются в связи с тем, что опыты производятся при различных видах напряженного состояния грунта. Вид напряженного состояния характеризуется значением коэффициента Лодэ-Надаи μ_σ . Можно полагать, что при срезе по фиксированной площадке $\mu_\sigma = 0$ (чистый сдвиг). При испытаниях в стабилометре и на прессе $\mu_\sigma = 1$ (стесненное или одноосное сжатие). При испытаниях в приборе трехосного сжатия с независимым заданием главных напряжений [3] μ_σ может быть произвольным. Следует отметить, что от условий опыта зависят прочностные характеристики, входящие в уравнение Кулона-Мора (1). В технической литературе [4] бытует мнение, что испытания грунта в стабилометре являются более надежными, так как при этом получаются меньшие значения прочностных характеристик, чем при испытаниях в срезном приборе.