

УДК 699.85
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2020-17-2-66-73>

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2020

Влияние градостроительных решений на безопасность населения

Октябрьский Р.Д.,
Национальный
исследовательский
университет «Высшая школа
экономики»,
117418, Россия, г. Москва,
ул. Профсоюзная,
д. 33, корп. 4

Аннотация

Статья посвящена обоснованиям необходимости снижения плотности населения в жилой застройке городов. Дается примерный анализ уязвимости городского населения от угроз чрезвычайных ситуаций мирного и военного характера, а также оценка обеспеченности города дорожной сетью. Сформулированы предложения, позволяющие в перспективе снизить уязвимости городского населения и устранить дорожные заторы и пробки.

Ключевые слова: плотность и уязвимость населения, противопожарные и инсоляционные разрывы между зданиями, уплотнительная и точечная застройка, площадь и плотность дорог, динамический габарит, критерий обеспеченности дорожной сетью.

Для цитирования: Октябрьский Р.Д. Влияние градостроительных решений на безопасность населения // Проблемы анализа риска. Т. 17. 2020. № 2. С. 66—73, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2020-17-2-66-73>

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Impact of the urban construction solutions on the safety population

Rostislav D. Oktyabrskiy,
National research University
"Higher school of Economics",
117418, Russia, Moscow,
Profsoyuznaya str., 33, bldg 4

Annotation

The article is devoted to the justification of the need to reduce the population density in the residential development of cities. The analysis of vulnerability of the urban population from threats of emergency situations of peace and war time, and also an assessment of provision of the city by a road network is given. Proposals have been formulated to reduce the vulnerability of the urban population in the long term and to eliminate traffic congestion and congestion — jams.

Keywords: population density, vulnerability, fire and light gaps between the buildings, embedding of compressing and point building, area of roads and density of roads, dynamic size, the criterion of provision of the road network.

For citation: Oktyabrskiy Rostislav D. Impact of the urban construction solutions on the safety population // Issues of Risk Analysis. Vol. 17. 2020. No. 2. P. 66—73, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2020-17-2-66-73>

The author declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Потенциальные опасности для людей в многоэтажных зданиях
2. Плотность населения и потери при пожарах
3. Плотность населения и этажность жилой застройки
4. Плотность населения и дорожная нагрузка
5. О снижении уязвимости мероприятиями гражданской обороны (ГО) при военной угрозе
6. Предложения

Заключение

Литература

Введение

В стране число чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного и природного характера не уменьшается. Сохраняется потенциальная опасность террористических актов и международных конфликтов. В связи с этим проблема защиты населения остается приоритетной в стратегии национальной безопасности страны.

Более 70% населения проживает в городах, поэтому анализ влияния характера городской застройки на безопасность людей представляется актуальной задачей.

1. Потенциальные опасности для людей в многоэтажных зданиях

Как известно, для людей, находящихся в здании, существуют потенциальные опасности в виде пожаров, обрушения строительных конструкций (от техногенных, природных и других факторов), а также проникания в здание токсических веществ.

В свою очередь, пожары могут возникнуть от бытовых или технических причин, а обрушение зданий — от тех же пожаров, локальных взрывов, строительных и эксплуатационных дефектов, воздействия стихийных разрушительных процессов (ураганов, землетрясений, наводнений, ливней, оползней, снежных лавин и т. д.), а также от оружия массового поражения (ударной волны).

Понятно, что избежать потерь при обрушении здания возможно только при условии заблаговременной эвакуации людей. Однако, как правило, обрушение происходит внезапно, что исключает эту возможность.

При пожаре воздействие вредных факторов (температуры и задымления) несколько растянуто во времени и пространстве, поэтому при срочной эвакуации людей потерь можно избежать или свести их к минимуму.

Обычно при прогнозных расчетах людских потерь на территории города от чрезвычайных ситуаций мирного времени [1, с. 347] используют удельный показатель: число погибших или пострадавших (невозвратные или санитарные потери) на единицу площади города (чел./га или чел./км²).

По существу этот показатель можно рассматривать как уязвимость населения города. Он находится в прямой зависимости от плотности населения города, то есть чем больше плотность, тем выше уязвимость населения.

2. Плотность населения и потери при пожарах

В настоящее время города застраиваются многоэтажными и высотными зданиями, поэтому важно проследить и оценить, как изменяется плотность населения, а значит — уязвимость, с повышением этажности жилых зданий.

Сравним пожарную статистику двух стран — России и США.

В России за прошедшие 25 лет ежегодно погибало на пожарах от 7 до 18 тыс. чел. При этом, по данным международной статистики, за период с 2009 по 2013 г. ежегодные людские потери на пожарах в среднем составляли в России 12 234 чел. [2, с. 2].

В США за этот же период на пожарах ежегодно гибло 3280 чел. [3, с. 34].

Если сравнивать удельные потери, то есть на один миллион жителей, эти потери составили в России 85 чел., в США — 10 чел.

Объяснить такую ситуацию возможно по-разному: лучшей организацией зарубежной пожарной службы, лучшим финансированием или наличием современных технических средств пожаротушения, оповещения и т. д.

Однако, согласно ранее проведенному анализу пожарного риска [4, с. 21], одной из основных причин людских потерь на пожарах в России можно считать недостаточную вероятность эвакуации людей из здания.

Очевидно, что эвакуировать людей из многоэтажного здания сложнее, чем из малоэтажного. В условиях США жилой сектор, как правило, представлен малоэтажной застройкой, т. е. с меньшей плотностью населения.

Поскольку в обеих странах более 70% населения проживает в городах, сравним плотность населения по 10 наиболее крупным городам-миллионникам, а также по случайной выборке из 20 больших и 20 средних городов [5].

Для этого подсчитаем среднюю величину плотности населения и среднеквадратичное отклонение по каждой группе городов (табл. 1).

Как следует из табличных данных, плотность населения во всех категориях городов России выше, чем в США. Причем в многочисленных городах (с населением от 150 тыс. до 250 тыс. чел.) разница составляет $1453 / 542 = 2,7$ раза.

Меньшая величина среднеквадратичного отклонения плотности населения этих городов в США ($\sigma = 174$) свидетельствует о большей однородности этого показателя, т. е. — преимущественно устойчивой малой плотности в этих городах.

Следует иметь в виду, что городские пожары имеют локальный характер, т. е. захватывают часть здания или группу зданий, а при воздействии на город природных разрушительных процессов (ураганов, землетрясений и др.) или средств массового поражения, в том числе ударной волны ядерного взрыва, зона поражения может накрыть значительную часть города или его целиком. В последнем случае прогнозируемые потери будут пропорциональны плотности незащищенного населения [1].

3. Плотность населения и этажность жилой застройки

Но как связана плотность населения с этажностью застройки? Для ответа на этот вопрос рассмотрим упрощенную схему участка (жилого квартала без

Таблица 1. Сравнение плотности населения городов России и США

Table 1. Comparison of the population density of cities in Russia and the USA

Объекты анализа	Плотность населения городов, чел./км ²			
	Россия		США	
	средняя	среднеквадратичное отклонение	средняя	среднеквадратичное отклонение
10 наиболее крупных городов страны (более 1 млн жителей)	3861	3049	3142	2986
20 городов с населением 250—500 тыс. чел.	2407	565	1090	329
20 городов с населением 150—250 тыс. чел.	1453	1232	542	174

инфраструктуры), на котором возведены n зданий одинакового размера в плане (рис. 1).

Примем обозначения:

a и b — размеры здания (ширина и длина), м;

r — допустимый разрыв между зданиями по требованиям инсоляции, м;

c — допустимый разрыв между зданиями по противопожарным требованиям, м;

m — число этажей.

Плотность населения жилого квартала, согласно схеме, можно выразить:

$$q_m = a \cdot b \cdot n \cdot m / (20 F_m), \text{ чел./м}^2, \quad (1)$$

где $a \cdot b \cdot n / 20$ — суммарное число людей на одном этаже всех зданий;

20 — существующая норма жилой площади на 1 человека, м²/чел.;

F_m — земельная площадь участка (жилого квартала), м².

Согласно схеме (см. рис. 1), имеем

$$F_m = (c + b) (a + r) n,$$

а выражение (1) примет вид

$$q_m = a \cdot b \cdot m / 20 (c + b) (a + r), \text{ чел./м}^2. \quad (2)$$

По противопожарным требованиям разрыв между зданиями составляет от 6 до 15 м, в зависимости от огнестойкости строительных конструкций здания, а по требованиям обеспечения инсоляции и естественной освещенности этот разрыв значительно больше и зависит от этажности зданий и ряда других параметров.

Ранее нормы этого разрыва устанавливались Приложением 10 к СНиП II-60-75** [6], которое было заменено Сводом правил [7].

В последнем документе формально требования по инсоляции остались, но вместо прямых норм предложено разрывы рассчитывать по специаль-

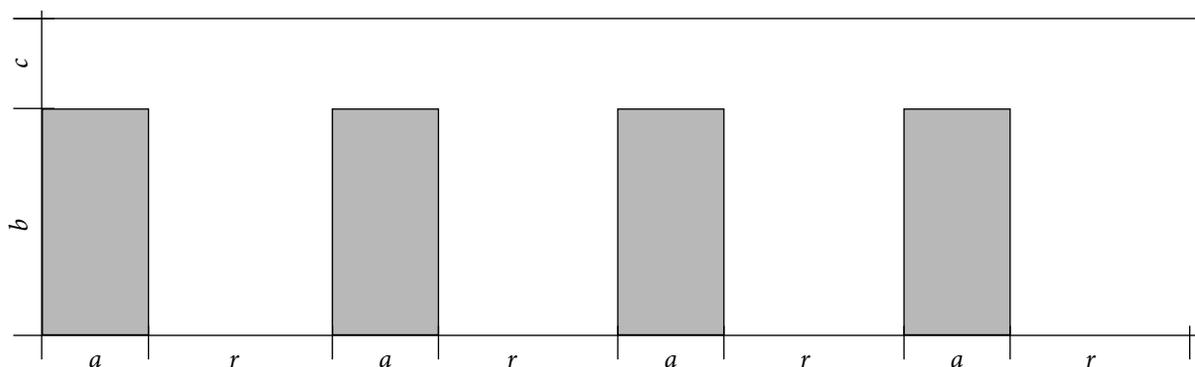


Рис. 1. План участка (квартала) с многоэтажными жилыми зданиями

Figure 1. Plan of the site (quarter) with multi-story residential buildings

ным методикам, а начиная с четырехэтажных зданий и выше, принимать не менее 20 м [7, 9].

Почему же были отменены прямые нормы разрывов? Для инженерной общественности это до сих пор остается загадкой, хотя существует мнение, что эта таблица (Приложение 10 к СНиП II-60-75**) мешала коммерческим застройщикам и заинтересованным лицам осуществлять уплотнительную и точечную застройку, т.е. иметь дополнительную прибыль с квадратного метра площади города. А отсутствие прямой нормы разрывов между зданиями (по требованиям инсоляции и естественной освещенности [8]) затрудняет экспертный контроль.

Итак, в упомянутой, весьма полезной, таблице содержатся прямые нормы разрывов между зданиями в зависимости от этажности, ориентации (широтной или меридианной), от климатической зоны, от взаимного расположения длинных сторон и торцов.

При аппроксимации числовых данных таблицы получена линейная зависимость вида

$$r = 4,59 m + 8,27, \text{ м.} \quad (3)$$

Приняв размеры здания $a = 12$, $b = 50$ и $c = 15$ м, с учетом (3) и (2) получим $q_m = 30 m / (284 m + 1337)$.

Строим график (рис. 2) зависимости плотности населения от этажности. Как видно по характеру кривой, с увеличением этажности плотность плавно возрастает с затуханием.

Однако на практике во многих случаях, в том числе при уплотнительной¹ и точечной² застройке, разрыв принимают постоянным [7, 9], равным 20 м. При этом зависимость приобретает линейный характер и имеет вид $q_m = 0,0144 m$.

Очевидно (рис. 2), что плотность населения жилого квартала при уплотнительной и точечной застройке растет значительно быстрее, чем при соблюдении норм инсоляции. На уровне 16-го этажа плотность различается примерно в 2,5 раза.

¹ Уплотнительная застройка — строительство новых зданий в исторически сложившемся жилом микрорайоне, обычно на месте зеленых зон.

² Точечная застройка — не предусмотренные ранее жилые здания, строящиеся в промежутках между существующими зданиями или во дворах, а также повышение этажности существующих зданий или пристройка к ним блоков.

4. Плотность населения и дорожная нагрузка

При увеличении плотности населения возрастает дорожная нагрузка, что тоже снижает уровень безопасности населения, так как снижается вероятность своевременной пожарной, аварийно-спасательной и медицинской помощи из-за возможных пробок и заторов на дорогах. А согласно Своду правил [10], зона возможного распространения завала при разрушении многоэтажного здания может составлять до половины высоты здания.

Структура дорожной нагрузки, на примере Москвы по данным 2008—2013 гг., выглядит следующим образом [4, с. 76]: легковой транспорт занимает до 70%, грузовой — до 26—28%, общественный — от 2 до 4% площади дорог. То есть наибольшая площадь дорог в дорожном движении занята легковым транспортом.

Минимально необходимая площадь дорог (км^2) и плотность дорожной сети ($\text{км}^2/\text{км}^2$), рассмотрены ранее [4, с. 73]. Наибольшее влияние на требуемую площадь дорог оказывают два фактора: плотность населения, с увеличением которой растет число машин на дорогах, и динамический габарит транспортного средства, зависящий от разрешенной скорости движения в городе.

По существу, динамический габарит — это необходимая площадь дороги для данного автомобиля при его движении. Он определяется расстоянием, позволяющим водителю безопасно затормозить машину на данной скорости в колонне машин. А минимально необходимая площадь дорог означает вместимость динамических габаритов движущегося транспорта.

Для демонстрации влияния плотности населения и динамического габарита (зависящего от скорости) на минимально необходимую плотность дорожной сети выполнен расчет для города Москвы (при исходных данных периода 2008—2012 гг.), и результаты сведены в табл. 2.

Как видно из данных табл. 2, для условий Москвы того периода минимально необходимая плотность дорог составляла 20,5% при разрешенных скоростях до 80 км/ч и 9,7% при скоростях до 40 км/ч. Реально в тот период плотность дорог составляла 8%.

При гипотетическом увеличении плотности населения Москвы в 2 раза примерно во столько же

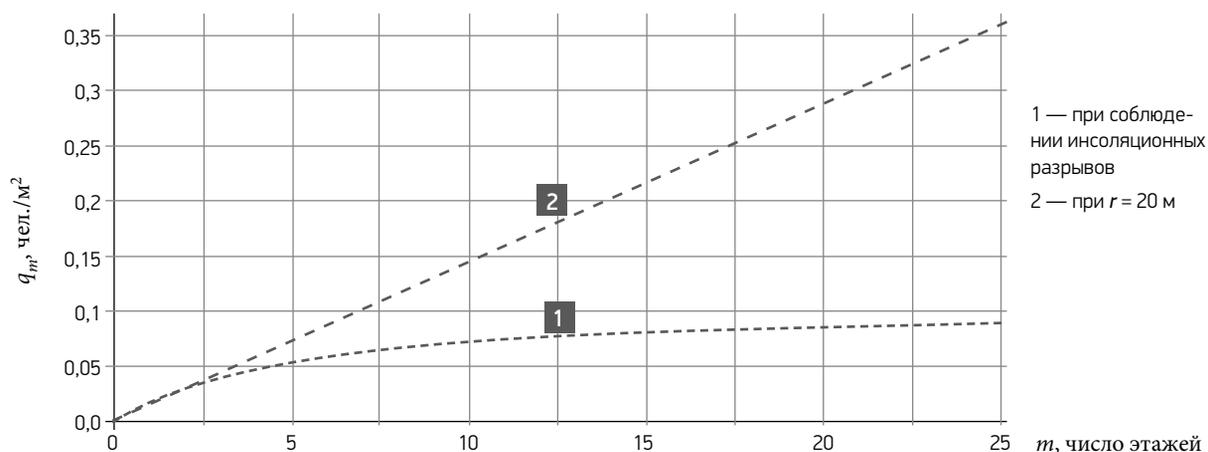


Рис. 2. Зависимость плотности населения от этажности зданий

Figure 2. Dependence of population density on the number of storeys of the buildings

Таблица 2. Минимально необходимая плотность дорог в зависимости от плотности населения

Table 2. Minimum required roads density depending on the population density

Плотность населения г. Москвы (в период 2008—2012 гг., до расширения территории города)	12 000 чел./км ²	При гипотетическом увеличении плотности в 2 раза: 24 000 чел./км ²
При ограничении скорости до 80 км/ч: Мат. ожидание плотности дорог (средняя плотность), км ² /км ² Плотность при 90% обеспеченности	0,151 0,205	0,304 0,41
При ограничении скорости до 40 км/ч: Мат. ожидание плотности дорог (средняя плотность) Плотность при 90% обеспеченности	0,07 0,097	0,18 0,233

Примечания.

1. Средние значения плотности дорог имеют обеспеченность 50%.
2. После расширения границ Москвы в 2012 г. общая плотность населения города с агломерацией снизилась, но она не изменилась в пределах прежних границ города.

раз потребуется увеличить плотность дорог, т. е., по существу, переходить к строительству двухъярусных дорог.

Плотность дорог как функция, зависящая от плотности населения и скорости движения, может служить критерием обеспеченности города дорожной сетью. При этом другие факторы, такие как соотношение легкового, грузового и общественного транспорта, число легковых машин на душу населения и т. д., влияют опосредованно и могут приниматься по имеющейся статистике.

Таким образом, многоэтажное и высотное строительство при несоблюдении инсоляционных тре-

бований, а также — уплотнительная и точечная застройка приводят к повышению уязвимости населения, возрастанию дорожной загрузки, т. е. снижению вероятности своевременной помощи пострадавшим, а также к ухудшению качества жизни (эффект каменных джунглей). То есть в данном случае имеется тройной отрицательный эффект. В свете последних событий, связанных с пандемией, стало очевидным, что любая страна может подвергнуться вирусной эпидемии. В этом случае, при меньшей плотности населения городской застройки, значительно проще выполнять режим дистанцирования и самоизоляции людей.

5. О снижении уязвимости мероприятиями гражданской обороны (ГО) при военной угрозе

Для уменьшения уязвимости населения от чрезвычайных ситуаций военного времени предусматривается возможность размещения людей в защитных сооружениях (в шаговой доступности) или эвакуация в загородную зону для рассредоточения и удаления от вероятного эпицентра события.

Но все эти правильные меры требуют заблаговременных действий и соответствующего времени на их реализацию. Однако при внезапном возникновении чрезвычайной ситуации для незащищенного населения уязвимость не снижается, т. к. меры по ГО могут запоздать.

Кроме того, следует отметить, что при тесном расположении многоэтажных зданий (без инсоляционных разрывов) возникает проблема размещения аварийных выходов из встроенных убежищ ГО, поскольку площадь возможных завалов становится сплошной.

6. Предложения

На основе приведенного анализа можно полагать, что существующая концепция градостроительства нуждается в корректировке.

Представляется целесообразным для снижения уязвимости городского населения и решения дорожных проблем, а также для улучшения качества жизни населения:

1) при принятии градостроительных решений не увеличивать плотность населения, т. е. наложить запрет на уплотнительную и точечную застройку, а также обеспечить инсоляционные разрывы между зданиями;

2) при расширении территории города предусматривать в жилых зонах только малоэтажную застройку, а многоэтажные и высотные здания возводить для офисов и гостиниц;

3) в нормативных документах восстановить ранее применявшиеся прямые нормы разрывов между зданиями по требованиям инсоляции и естественного освещения. При необходимости дополнить или обновить их на основе многовариантных расчетов инсоляции с помощью существующих компьютерных программ.

Следует также учитывать, что при масштабных стихийных бедствиях, особенно при военном про-

тивостоянии, людские потери могут расти пропорционально плотности населения, поэтому шансов на выживание у городского населения будет больше при меньшей его плотности.

Заключение

1. Плотность населения во многом зависит от этажности жилых зданий и разрывов между ними. С повышением этажности и сокращением разрывов увеличивается плотность населения.

При пожарах и техногенных чрезвычайных ситуациях локальные людские потери в многоэтажных и высотных зданиях происходят в основном из-за затрудненности эвакуации людей.

При воздействии природных разрушительных процессов, а также средств массового поражения (ударной волны ядерного взрыва) людские потери пропорциональны плотности населения, т. е. масштабы потерь приобретают массовый характер. Это означает, что с увеличением плотности населения повышается его уязвимость к угрозам мирного и военного времени.

2. Сравнительная оценка плотности городского населения с зарубежными аналогами, в частности с США, показывает, что плотность населения российских городов в 1,2—2,7 раза выше.

3. Анализ взаимосвязи плотности населения и этажности жилых зданий свидетельствует, что с увеличением этажности и соблюдением требуемых инсоляционных разрывов между зданиями плотность возрастает плавно с тенденцией к затуханию. При несоблюдении этих разрывов, а также при уплотнительной и точечной застройке рост плотности пропорционален числу этажей, т. е. плотность неограниченно возрастает.

4. С повышением этажности зданий увеличивается дорожная нагрузка, ибо, как правило, площадь дорог остается прежней. А создаваемые при этом дорожные пробки и заторы затрудняют деятельность пожарной, аварийно-спасательной и медицинской служб, т. е. снижается вероятность своевременного оказания помощи пострадавшим.

5. Заблаговременно принятые меры коллективной защиты (размещение людей в убежищах или эвакуация в загородную зону) снижают уязвимость населения. Однако в условиях внезапности наступления события выполнить это проблематично. Поэтому снижение уязвимости незащищенного насе-

ления от угроз мирного и военного времени является актуальным и возможным путем реализации предложений, приведенных в данной статье.

6. Представляется, что при принятии градостроительных решений следует уменьшать плотность населения в жилых зонах города, переходя к малоэтажной застройке жилых кварталов для снижения уязвимости от ЧС мирного и военного времени.

Литература [References]

1. Акимов В.А., Быков А.А., Востоков В.Ю., Ляховец Т.Л., Малышев В.П. Методические рекомендации по определению количества пострадавших при ЧС техногенного характера // Проблемы анализа риска. Т. 4. 2007. № 4. С. 347—367. [Akimov V. A., Bykov A. A., Vostokov V. Yu., Lyakhovets T. L., Malyshev V. P. Methodical Recommendations for Estimation of the Number of Fatalities in Technological Emergencies // Issues of Risk Analysis. Vol. 4. 2007. № 4. P. 347—367 (Russia).]
2. Дьяченко П.А., Минько В.М. Исследование пожарного риска в период 1991—2014 гг. в России. Доступно: <https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-pozharnogo-riska-v-period-1991-2014-g-g-v-rossii> (Дата обращения: 20.01.2019) [D'yachenko P. A., Min'ko V. M. Research of fire risk in the period 1991—2014 in Russia (Russia).]
3. U.S. Fire Administration/National Fire Data Center Fire in the United States 2004-2013. Доступно: <https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/fius17th.pdf> (Дата обращения: 20.01.2019). DOI: 10.1201/b16480-12.
4. Октябрьский Р.Д. Управление риском в системах жизнеобеспечения городской застройки. М.: Изд. Дом ВШЭ, 2014. 110 с. [Oktyabrskiy R. D. Management of the risk in the systems of Urban Life-support. M. Publishing House HSE, 2014. 110 p. (Russia).]
5. The 200 Largest Cities in the United States by Population 2019. Доступно: <http://worldpopulationreview.com/us-cities> (Дата обращения: 20.01.2019).
6. СНиП II-60-75** «Планировка и застройка городов, поселков и сельских населенных пунктов». 1988. [SNiP II-60-75** Planning and development of cities, towns and rural settlements. 1988 (Russia).]
7. Свод правил СП 42.13330.2016 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». 7. Параметры застройки жилых и общественно-деловых зон (актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89*), 2016. [The set of rules SP 42.13330.2016 "Urban planning. Planning and development of urban and rural settlements". 7. Building Parameters of residential and public-business zones (updated version of SNiP 2.07.01-89*) (Russia).]
8. СанПиН 2.1.2.2645-10. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы, 2010. [SanPiN 2.1.2.2645-10. Sanitary and epidemiological rules and regulations (Russia).]
9. ТСН 30-303-2000 Московской области (ТСН ПЗП-99 МО). Планировка и застройка городских и сельских поселений. Параметры жилой застройки. 2000. [TSN 30-303-2000 Moscow region (TSN PZP-99 MO). Planning and development of urban and rural settlements. Parameters of residential development. 2000 (Russia).]
10. Свод правил (СП 165.1325800.2014). Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне. Приложение Д. (актуализированная редакция СНиП 2.01.51-90), 2014. [The set of rules SP 165.1325800.2014. Engineering and technical measures for civil defense. Appendix D. (updated version of SNiP 2.01.51-90). 2014 (Russia).]

Сведения об авторе

Октябрьский Ростислав Дмитриевич: доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой в ГАСИС до 2010 г., после 2010 г. профессор кафедры Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»

Количество публикаций: более 200, в т.ч. 4 монографии и 10 учебных пособий

Область научных интересов: надежность инженерных систем жизнеобеспечения зданий и населенных мест, коллективная защита населения и персонала опасных производств от чрезвычайных ситуаций, строительная теплофизика и климатизация зданий

Контактная информация:

Адрес: 117418, г. Москва, ул. Профсоюзная, д. 33, к. 4

E-mail: rostisl-o@yandex.ru

Дата поступления: 15.10.2019

Дата принятия к публикации: 26.11.2019

Дата публикации: 30.04.2020

Came to edition: 15.10.2019

Date of acceptance to the publication: 26.11.2019

Date of publication: 30.04.2020