

## Раздел 3. Инженерное обеспечение

УДК 628.8, 004.942

### МОДЕЛИ ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Ангелюк И.П.<sup>1</sup>, Зайцев О.Н.<sup>2</sup>, Федюшко Ю.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского. Институт «Академия строительства и архитектуры»  
295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

<sup>2</sup>Юго-Западный государственный университет им. И.И. Ишугина, ул. 50 лет Октября, 94, Курск, 305040, Россия  
E-mail: <sup>1</sup> iliya.angeluck@yandex.ru; <sup>2</sup> zon071941@mail.ru, <sup>1</sup> fedushko26@rambler.ru

**Аннотация.** Статья является первой из серии по определению методологии применения численного моделирования при прогнозировании параметров микроклимата. В данной статье рассмотрены методы и материалы для проведения исследований и приведены результаты сравнения натурального эксперимента с результатами расчета, полученных численным моделированием с применением k-ε модели турбулентного течения в условиях совокупного воздействия инженерных систем на формирование микроклимата.

**Предмет исследования:** параметры микроклимата, их сходимость при натурном эксперименте и применении k-ε модели турбулентного течения.

**Материалы и методы:** натурный эксперимент проводился в реальных условиях эксплуатации учебной аудитории вуза с помощью сертифицированного оборудования, оценка моделей турбулентности проводилась с помощью численного моделирования в программном комплексе FlowSimulation SolidWorks.

**Результаты:** получены таблицы со значениями скорости и температуры воздуха в характерных зонах аудитории экспериментальным путем и методом численного моделирования.

**Выводы:** выявлена значительная невязка результатов натурального эксперимента и численного моделирования по k-ε модели турбулентного течения для скорости движения воздуха в условиях совокупного воздействия инженерных систем на формирование микроклимата.

**Ключевые слова:** микроклимат, эксперимент, модели турбулентности, сходимость.

### ВВЕДЕНИЕ

Возрастающие требования к скорости вывода проектной документации по системам, обеспечивающим создание и поддержание микроклимата в помещениях, ставят вопрос о качестве определения этих параметров в сжатые сроки. Все чаще опытные проектировщики обращают свое внимание на методы численного моделирования для их определения в сложных условиях.

Данные методы, как известно, основаны на расчёте методом конечных элементов (или объемов) уравнения Навье-Стокса с помощью различных моделей турбулентности, которые получены, чтобы наиболее удачно описывать некоторый набор частных случаев течения жидкостей и газов.

При расчете инженер (или научный сотрудник) выбирает одну модель турбулентности и результаты расчёта, после некоторого анализа, принимает за истину, используя их как основу для подбора параметров или расположения инженерного оборудования.

Однако, становится вопрос на сколько результаты численного моделирования, проведенного по различным моделям турбулентности для одинаковых условий, совпадают с настоящими параметрами

микроклимата, полученными в ходе натурального эксперимента. Насколько точно различные модели турбулентности прогнозируют параметры микроклимата при сложном взаимном влиянии процессов его формирования системами и факторами – отопления, вентиляции или кондиционирования, холодной или теплой поверхности стен, поверхности технологического оборудования, солнечного излучения, людей, бытового оборудования.

Этой статьей авторы начинают серию публикаций, посвященных решению озвученных вопросов. В данной работе будут обозначены методы и материалы для проведения исследований и приведены результаты первого сравнения результатов натурального эксперимента с результатами расчета по наиболее часто применяемой модели турбулентного течения – k-ε.

Конечная цель – определение методологии применения численного моделирования при прогнозировании параметров микроклимата в условиях одновременного влияния факторов на его формирование.

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Научных работ отечественных и зарубежных авторов, посвященных вопросам численного моделирования параметров микроклимата

достаточно много, но основная их масса не ставит вопрос об оценке правильности моделирования, а, скорее, пользуется таким методом для подкрепления каких-либо инженерных решений [1-4].

Однако есть ряд работ, где авторы уделяют внимание сравнению результатов численного моделирования и натурального эксперимента [5-7]. Также, что важно, есть работы, посвященные вопросу системного применения метода численного моделирования в сфере ОВК.

Так в работе Цинаевых [8] приводится материал по интеграции результатов численного моделирования с технологией управления «умный дом» для учета параметров микроклимата. Для приведенных условий авторам удалось добиться сходимости результатов определения температур в 1,2 % от экспериментальных данных.

В статье Абуовой Г.Б. и др. [9] ставится вопрос о определении системного подхода к управлению микроклиматом в здании при эксплуатации систем ОВК с точки зрения автоматизации этого процесса, рассматривая метод численного моделирования как метод прогнозирования по модели «белого ящика», говоря о нем, как о ресурсоемком и, в текущих условиях, не точном методе.

В работе Vieira Zezzo [10] рассматривается вопрос интеграции устройств «интернета вещей» в процесс численного моделирования параметров микроклимата, приведены практические рекомендации.

Статья Дацюк Т.А. [11] посвящена новой технологии проектирования систем обеспечения микроклимата зданий, основанной на физико-математическом моделировании. Автор предлагает комбинировать численное моделирование и физический-модельный эксперимент для получения более точных прогнозов по параметрам микроклимата.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка сходимости результатов проводилась для настоящих условий эксплуатации аудитории вуза, где авторы статьи приводят занятия со студентами. Исследования проводились в различное время суток и различные периоды года, но оценка сходимости всегда осуществлялась для результатов эксперимента и численного моделирования при одинаковых условиях.

Основными факторами, влияющими на формирование микроклимата в помещении (в т.ч., формируемые за счет систем обеспечения микроклимата), являются:

- температуры поверхности окон и наружных стен;
- температура отопительного прибора;
- интенсивность солнечного излучения;
- температура воздуха, циркулирующего через внутренний блок кондиционера (режим нагрева);

- скорость воздуха, формируемая, конвективными потоками от отопительного прибора и потоками из внутреннего блока кондиционера;

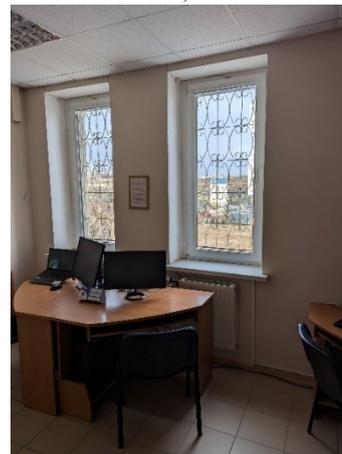
- теплоисточники в виде стационарного компьютера и ноутбука;

- тепlopоступление от людей.

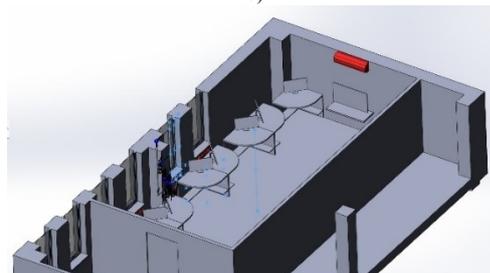
Ниже, на рисунке 1, приведены фотографии и модель исследуемого помещения с системами обеспечения микроклимата.



а)



б)



в)

**Рис. 1.** Аудитория для оценивания: а, б – вид на рабочее место, радиаторы и кондиционер; в – модель аудитории

**Fig. 1.** Audience for evaluation: a, b – view of the workspace, radiators, and air conditioner; c – model of the audience.

Для оценки сходимости выбраны две принципиальные зоны формирования микроклимата:

1. Вертикальная плоскость, проведенная через центр радиатора параллельно поверхности окна, под которым он стоит. В данной плоскости на

формирование параметров микроклимата будет влиять следующие факторы:

- восходящий конвективный поток воздуха от радиатора;
- настилающийся поток охлажденного воздуха от остекления оконного проема;
- потоки нагретого воздуха от внутреннего блока кондиционера.

Результаты в этой плоскости интересны именно принципиальным взаимодействием озвученных факторов, которые по отдельности хорошо описываются различными моделями турбулентности.

2. Объем пространства аудитории, в котором расположена рабочая зона человека. Тут основными факторами являются:

- потоки нагретого воздуха от внутреннего блока кондиционера;
- конвективный поток воздуха от радиатора;
- радиационная температура в следствии влияния стен, остекления и радиатора.

Данная зона является сутью необходимости формирования микроклимата – комфорт пребывания людей. Оценка сходимости в данной зоне показывает не только сходимость результатов эксперимент-вычисление, но адекватность применения полученных численным моделированием результатов для принятия их в качестве диктующих условий комфортности.

Измерения для зон проводили в точках, показанных на рисунках 2 и 3.

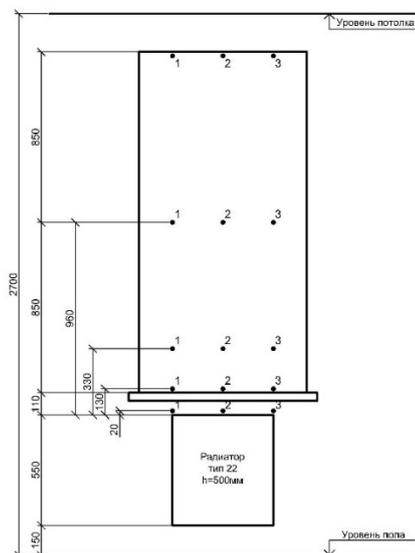


Рис. 2. Точки снятия замеров по 1-й зоне  
Fig. 2. Measurement points for zone 1.

Численное моделирование параметров микроклимата проводим с помощью математического аппарата программных продуктов, которые способны производить расчет с применением различных моделей турбулентности – FlowSimulation SolidWorks и ANSYS Fluent.

Для определения адекватности получаемых результатов численного моделирования на начальном этапе, применен метод сеточной

сходимости, важность которого хорошо описана в работах А.М. Зиганшина и К.И. Логачева [12]. В качестве диктующего параметра приняты температура и скорость воздуха в геометрическом центре помещения (температура – 24,8°C, скорость – 0,11 м/с), полученные в результате натурального эксперимента.

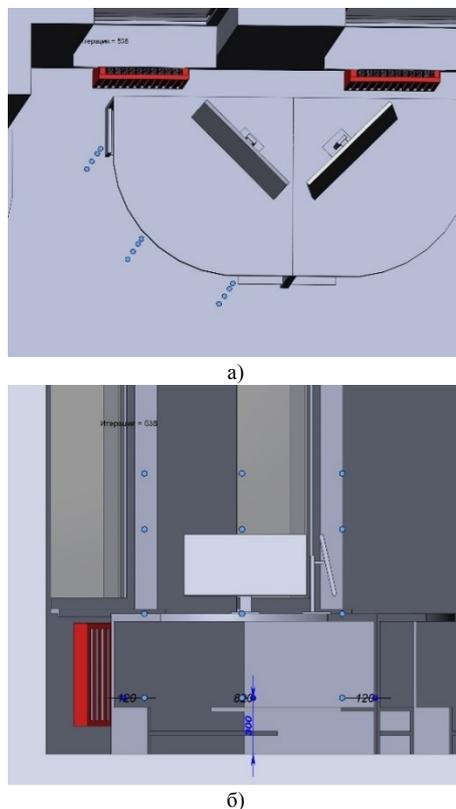


Рис. 3. Точки снятия замеров по 2-й зоне: а – вид сверху; б – вид спереди на рабочее место.  
Fig. 3. Measurement points for zone 2: а – top view; б – front view of the workspace.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Натурный эксперимент для оценки сходимости с результатами расчета по k-ε модели турбулентного течения наиболее проводился во второй половине пасмурного дня, поэтому влияние солнечной радиации не учитывалось. Измерения температуры и скорости воздуха проводились с помощью сертифицированного высокоточного оборудования – термоанемометра с зондом с обогреваемой струной Testo 425 (рисунок 4).



Рис. 2. Натурный замер в точке 2 по центру радиатора  
Fig. 2. On-site measurement at point 2 in the center of the radiator.

В результате чего получены данные, которые сведены в таблицы 1 и 2.

Можно видеть, что в первой зоне (над радиатором) температура и скорость с ростом высоты уменьшаются, что говорит о «затухании» конвекционного потока от радиатора.

По второй зоне, напротив, с ростом высоты (ближе к высоте рабочей зоны) температура и скорость повышаются.

**Таблица 1.** Результаты натурного эксперимента по зоне 1

**Table 1.** Results of the Field Experiment for zone 1

Высота от радиатора, м	Левый край радиатора		Центр радиатора		Правый край радиатора	
	t, °C	v, м/с	t, °C	v, м/с	t, °C	v, м/с
0	36	0,21	40,3	0,19	35,9	0,25
0,1	33,8	0,12	33,6	0,05	32,3	0,16
0,3	26,6	0,07	25,6	0,07	23,8	0,1
0,9	25	0,06	25,1	0,1	24,9	0,06
1,8	25,3	0,05	25,4	0,09	25,5	0,05

**Таблица 2.** Результаты натурного эксперимента по зоне 2

**Table 2.** Results of the Field Experiment for zone 2

Высота от пола, м	Левый край зоны		Центр зоны		Правый край зоны	
	t, °C	v, м/с	t, °C	v, м/с	t, °C	v, м/с
0,3	23,8	0,05	23,7	0,02	23,8	0,25
0,9	24,2	0,08	24,3	0,1	24,7	0,05
1,2	24,8	0,1	24,5	0,15	24,9	0,35
1,5	25	0,11	25	0,33	24,7	0,18

Расчет по k-ε модели турбулентного течения проводился при стандартных настройках солвера FlowSimulation SolidWorks. Было проведено одиннадцать серий расчетов для определения сеточной сходимости, в результате чего удалось достичь полной сходимости по скорости воздуха (0,11 м/с) и на 0,05 °C отстающего показателя по

температуре – 24,75 °C против 24,8 °C в натурном эксперименте.

В результате моделирования получены точечные параметры температуры и скорости воздуха, в точках, аналогичных измерениям натурного эксперимента, согласно рисунков 2 и 3. Результаты сведены в таблицы 3 и 4.

**Таблица 3.** Результаты численного моделирования по k-ε модели в зоне 1

**Table 3.** Results of Numerical Modeling Using the k-ε Model in zone 1

Высота от радиатора, м	Левый край радиатора		Центр радиатора		Правый край радиатора	
	t, °C	v, м/с	t, °C	v, м/с	t, °C	v, м/с
0	36,99	0,04	42,1	0,001	35,35	0,043
0,1	24,11	0,08	24,17	0,07	23,92	0,093
0,3	24,58	0,05	24,64	0,039	24,34	0,054
0,9	24,72	0,05	24,78	0,057	24,75	0,059
1,8	24,66	0,07	24,57	0,077	24,32	0,083

**Таблица 4.** Результаты численного моделирования по k-ε модели в зоне 2

**Table 4.** Results of Numerical Modeling Using the k-ε Model in zone 2

Высота от пола, м	Левый край зоны		Центр зоны		Правый край зоны	
	t, °C	v, м/с	t, °C	v, м/с	t, °C	v, м/с
0,3	24,77	0,059	24,84	0,095	25,25	0,4
0,9	24,58	0,097	24,82	0,081	24,67	0,17
1,2	24,68	0,037	24,69	0,074	24,85	0,15
1,5	24,69	0,036	24,72	0,042	25,04	0,18

Оценку сходимости результатов натурального эксперимента и численного моделирования было принято решение провести посредством процентной

невязки. Результаты оценки приведены в таблицах 5 и 6.

**Таблица 5.** Сходимость результатов по зоне 1

**Table 5.** Convergence of Results for zone 1

Высота от радиатора, м	Левый край радиатора		Центр радиатора		Правый край радиатора	
	t, °C	v, м/с	t, °C	v, м/с	t, °C	v, м/с
0	-2,75%	80,95%	-4,47%	99,47%	1,53%	82,80%
0,1	28,67%	33,33%	28,07%	-40,00%	25,94%	41,88%
0,3	7,59%	28,57%	3,75%	44,29%	-2,27%	46,00%
0,9	1,12%	16,67%	1,27%	43,00%	0,60%	1,67%
1,8	2,53%	-40,00%	3,27%	14,44%	4,63%	-66,00%

**Таблица 6.** Сходимость результатов по зоне 2

**Table 6.** Convergence of Results for zone 2

Высота от пола, м	Левый край зоны		Центр зоны		Правый край зоны	
	t, °C	v, м/с	t, °C	v, м/с	t, °C	v, м/с
0,3	-4,08%	-18,00%	-4,81%	-375,00%	-6,09%	-60,00%
0,9	-1,57%	-21,25%	-2,14%	19,00%	0,12%	-240,00%
1,2	0,48%	63,00%	-0,78%	50,67%	0,20%	57,14%
1,5	1,24%	67,27%	1,12%	87,27%	-1,38%	0,00%

Анализируя результаты по температуре, можно видеть, что сходимость удовлетворительная, кроме некоторых точек измерения. Однако, по скорости воздуха наблюдается значительная невязка, в среднем 60 %, при этом максимальное значение невязки – 375 %. В случае с зоной 1, невязка уменьшается с удалением от радиатора, что объясняется спецификой k-е модели турбулентного течения.

Учитывая значительную невязку по скорости воздуха в помещении, невозможно уверенно принимать результаты численного моделирования и по температуре для инженерных расчетов и научного обоснования.

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что для прогнозирования формирования микроклимата в настоящих условиях при одновременном влиянии инженерных систем и других факторов, невозможно полагаться на результаты, полученные исключительно с помощью k-е модели турбулентного течения.

### ВЫВОДЫ

В результате проведенного натурального эксперимента по определению температуры и скорости воздуха настоящих условий эксплуатации аудитории были получены референтные данные и с их помощью проведена верификация результатов численного моделирования данных прогнозируемых параметров на модели аудитории. Моделирование проводилось с применением k-е модели турбулентного течения.

Оценка сходимости результатов показала значительную невязку по скорости воздуха в помещении и невозможность полагаться на результаты, полученные исключительно с помощью k-е модели.

Для достижения основной цели данной серии публикаций будут осуществлены исследования с применением моделирования на основе многих других моделей турбулентности в условиях совокупного влияния систем создания и поддержания микроклимата и иных факторов на него влияющих.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование притока тепла от солнечной радиации через решеточные смарт-окна / Р.С. Закируллин, И. А. Оденбах, Н. М. Гунько [и др.] // Academia. Архитектура и строительство. – 2023. – № 3. – С. 132-139. – DOI 10.22337/2077-9038-2023-3-132-139. – EDN UOZBKI.
2. Тимин, В. С. Локально-зонное низкотемпературное отопление пленочно лучистыми электронагревателями / В. С. Тимин, И. П. Ангелюк // Строительство и техногенная безопасность. – 2019. – № 14(66). – С. 139-144. – EDN SQFUZV.
3. Уляшева, В. М. Численное моделирование вентиляционных процессов в помещениях / В.М. Уляшева, Т. А. Дацюк, Е. А. Аншукова // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды : Материалы XXII Международной научной конференции, Самарканд, 23–27 сентября 2024 года.

– Волгоград: Волгоградский государственный медицинский университет, 2024. – С. 75-80. – EDN BFFSGK.

4. Zaycev O.N., Angeluck I.P., Toporen S.S. Experimental study of the aerodynamic resistance of a conical-spiral heat exchanger of the outgoing flue gases // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – №698 – 055033.

5. Информационная модель программного комплекса для оптимизации и управления системами вентиляции на основе прямого газодинамического моделирования / М. А. Бутенко, Д. В. Бурнос, С. А. Хоперсков [и др.] // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 10: Инновационная деятельность. – 2012. – № 6. – С. 31-37. – EDN PEUELZ.

6. Лучшее эксплуатационных характеристик вентиляционных систем совершенствованием их конструктивных элементов / В. Н. Андрийчук, В.И. Соколов, Н. Д. Андрийчук, Т. Е. Шевцова // Строитель Донбасса. – 2023. – № 1(22). – С. 24-28. – EDN HJUPJI.

7. Уваров, В. А. Моделирование системы воздухообмена храма Александра Невского д. Кожевенное / В. А. Уваров, А. Г. Кочев // XIII Всероссийский Фестиваль науки : Сборник тезисов, Нижний Новгород, 24–26 октября 2023 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, 2023. – С. 233-234. – EDN IUPAYV.

8. Ястребов А.В. Рекуперация воздуха: виды, принципы работы, функции / А.В.Ястребов, В.Н.Зекин // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ» №4 (49) Т.1 Апрель 2022 г.

9. Абуова, Г. Б. Модели управления микроклиматом в помещении / Г. Б. Абуова, Е.П. Кравченкова, И. Ю. Петрова // Перспективы развития строительного комплекса : Материалы XIV Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов, Астрахань, 22–23 октября 2020 года. Том 14. – Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – С. 536-542. – EDN HEEM LZ.

10. Vieira Zezzo L., Pereira Coltri P., Dubreuil V. Microscale models and urban heat island studies: A systematic review //Environmental Monitoring and Assessment. – 2023. – Т. 195. – №. 11. – С. 1284.

11. Дацюк Т.А. Новая технология проектирования систем обеспечения микроклимата зданий / Т. А. Дацюк, В. Ф. Васильев, В.В. Дерюгин, Ю.П. Ивлев // Санитарная техника. – 2005. – № 3(4). – С. 57-62.

12. Зиганшин, А. М. Вихревая вентиляция. Профилированные элементы систем вентиляции сниженной энергоемкости / А. М. Зиганшин, К.И. Логачев. – Ижевск : Ижевский институт компьютерных исследований, 2022. – 288 с. – ISBN 978-5-4344-0961-2. – EDN TOOFYI.

## REFERENCES

1. Modeling the heat gain from solar radiation through grating smart windows/ R. S. Zakirullin, I. A. Odenbakh, N. M. Gun'ko [и др.] // Academia. Arhitektura i stroitelstvo. – 2023. – № 3. – P. 132-139. – DOI 10.22337/2077-9038-2023-3-132-139. – EDN UOZBKI.

2. Timin, V. S. Local-zone low-temperature heating with film-ray electric heaters / V. S. Timin, I. P. Angeluck // Construction and industrial safety. – 2019. – № 14(66). – P. 139-144. – EDN SQFUZV.

3. Ulyasheva, V. M. Numerical Modeling of Ventilation Processes in Premises / V. M. Ulyasheva, T. A. Datsyuk, E. A. Anshukova // Indoor Air Quality and Environmental Quality: Proceedings of the XXII International Scientific Conference, Samarkand, September 23–27, 2024. – Volgograd: Volgograd State Medical University, 2024. – Pp. 75-80. – EDN BFFSGK.

4. Zaycev O.N., Angeluck I.P., Toporen S.S. Experimental study of the aerodynamic resistance of a conical-spiral heat exchanger of the outgoing flue gases // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – №698 – 055033.

5. Information Model of a Software Complex for Optimization and Management of Ventilation Systems Based on Direct Gas-Dynamic Modeling / M. A. Butenko, D. V. Burnos, S. A. Khoperskov [et al.] // Bulletin of Volgograd State University. Series 10: Innovative Activity. – 2012. – No. 6. – Pp. 31-37. – EDN PEUELZ.

6. Improvement of Operational Characteristics of Ventilation Systems by Enhancing Their Structural Elements / V. N. Andriyuchuk, V. I. Sokolov, N. D. Andriyuchuk, T. E. Shevtsova // Builder of Donbass. – 2023. – No. 1(22). – Pp. 24-28. – EDN HJUPJI.

7. Uvarov, V. A. Modeling of the Air Exchange System in the Alexander Nevsky Temple in the Village of Kozhevennoye / V. A. Uvarov, A. G. Kochev // XIII All-Russian Science Festival: Collection of Abstracts, Nizhny Novgorod, October 24–26, 2023. – Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, 2023. – Pp. 233-234. – EDN IUPAYV.

8. Yastrebov A.V., Zekin V.N. Article "Air Recuperation: Types, Principles of Operation, Functions" // International Scientific Journal "Bulletin of Science" No. 4 (49) Vol. 1, April 2022.

9. Abuova, G. B. Models of Indoor Climate Control / G. B. Abuova, E. P. Kravchenkova, I. Yu. Petrova // Prospects for the Development of the Construction Complex: Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference of Faculty, Young Scientists, and Students, Astrakhan, October 22–23, 2020. Volume 14. – Astrakhan: Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, 2020. – Pp. 536-542. – EDN HEEM LZ.

10. Vieira Zezzo L., Pereira Coltri P., Dubreuil V. Microscale models and urban heat island studies: A systematic review //Environmental Monitoring and Assessment. – 2023. – Т. 195. – №. 11. – С. 1284.

11. Datsyuk T.A. A New Technology for Designing Building Climate Control Systems / T. A. Datsyuk, V. F. Vasilyev, V. V. Deryugin, Yu. P. Ivlev // Sanitary Engineering. – 2005. – No. 3(4). – Pp. 57-62.

12. Ziganshin, A. M. Vortex Ventilation. Profiled Elements of Low-Energy Ventilation Systems / A. M. Ziganshin, K. I. Logachev. – Izhevsk: Izhevsk Institute of Computer Research, 2022. – 288 p. – ISBN 978-5-4344-0961-2. – EDN TOOFYI.

## MODELS OF TURBULENT FLOW IN THE ANALYSIS OF BUILDING AND STRUCTURE CLIMATE FORMATION

Angeluck I.P.<sup>1</sup>, Zaitsev O.N.<sup>2</sup>, Fedyushko U.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Institute "Academy of Construction and Architecture"  
181, Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea 295050

<sup>2</sup>SouthWest State University, 50 Let Oktyabrya Street, 94, Kursk, 305040  
E-mail: <sup>1</sup> iliya.angeluck@yandex.ru; <sup>2</sup> zon071941@mail.ru, <sup>1</sup> fedushko26@rambler.ru

**Abstract.** This article is the first in a series aimed at defining the methodology for applying numerical modeling in predicting microclimate parameters. The article discusses the methods and materials used for the research and presents the results of a comparison between a field experiment and the outcomes of numerical modeling using the k- $\epsilon$  turbulence model under the combined influence of engineering systems on microclimate formation.

**Subject of the study:** microclimate parameters and their convergence in field experiments and the application of the k- $\epsilon$  turbulence model.

**Materials and methods:** The field experiment was conducted in real-world conditions in a university lecture hall using certified equipment. The evaluation of turbulence models was performed through numerical modeling in the FlowSimulation SolidWorks software suite.

**Results:** Tables with values of air velocity and temperature in characteristic zones of the lecture hall were obtained both experimentally and through numerical modeling.

**Conclusions:** A significant discrepancy was identified between the results of the field experiment and the numerical modeling using the k- $\epsilon$  turbulence model for air velocity under the combined influence of engineering systems on microclimate formation.

**Key words:** microclimate, experiment, turbulence models, convergence.