

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/03TVN515.pdf>

DOI: 10.15862/03TVN515 (<http://dx.doi.org/10.15862/03TVN515>)

УДК 697.1

Кубенин Александр Сергеевич

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»

Россия, Москва¹

Научный сотрудник

ФГБОУ ВПО «НИИ механики МГУ им. М.В. Ломоносова»

Россия, Москва²

Инженер

E-mail: kube-n@mail.ru

Методика определения максимальных расходов теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха через окна здания за весь отопительный период

¹ 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

² 119192, г. Москва, Мичуринский проспект, д. 1

Аннотация. В статье изложена концепция методики определения максимальных расходов теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха через окна здания за весь отопительный период. Представлен алгоритм данной методики. Важным моментом в методике является необходимость физического или численного моделирования для получения ветрового давления на фасадах исследуемого объекта. В работе представлена апробация данной методики на 3-х модельных объектах: объектом исследования служило прямоугольное здание типа «пластина», которое рассматривалось одиночно, а также в двух вариантах прилегающей застройки к зданию. Для реализации методики использовалась программа расчета расходов воздуха через проницаемые элементы ограждающей конструкции и внутренних помещений здания, созданная автором [9]. Распределения ветрового давления по фасадам объектов, которые необходимо было задавать в программе в качестве граничного условия, определялись с помощью численного моделирования в пакете вычислительной гидрогазодинамики STAR-CCM+. Для каждого модельного объекта по результатам применения методики были получены таблицы с максимальными расходами теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха через окна здания. Данные таблицы показали, что прилегающая застройка даже в лице одного здания влияет на распределение максимальных расходов теплоты. Уточнение способов получения ветрового давления, а также эволюция математической модели воздушного режима здания в сторону приближения к описанию реальных процессов, будет только сопутствовать повышению точности самой методики.

Ключевые слова: расход теплоты; инфильтрация воздуха; воздухопроницаемость; сопротивление воздухопроницанию; инфильтрационные потери тепла; воздушный режим здания; ветровое давление; светопрозрачные конструкции; аэродинамический коэффициент давления; направление ветра; численное моделирование; вычислительная гидродинамика; модели турбулентности.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Кубенин А.С. Методика определения максимальных расходов теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха через окна здания за весь отопительный период // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/03TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/03TVN515

Введение

Методы расчетов инфильтрации воздуха через проницаемые элементы ограждающей конструкции здания можно разделить на инженерные «ручные» [1—2] и инженерные автоматизированные, когда решается систем уравнений воздушных балансов всех помещений здания на ЭВМ [3—8].

Статья автора [9] посвящена описанию автоматизированного метода расчета инфильтрации воздуха в здании. В работе был рассмотрен пример определения максимальных инфильтрационных расходов через окна модельного здания при обходе по установленному набору направлений ветра. Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха пропорционален не только расходу воздуха при инфильтрации, но и перепаду температур между внутренним и наружным воздухом.

В работе расход теплоты определялся согласно СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» по формуле

$$Q_{\text{и}} = 0,28 G_{\text{и}} c |t_{\text{в}} - t_{\text{н}}| K, \quad (1)$$

где c - удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/кг°С; $G_{\text{и}}$ - расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч, через окно здания; K - коэффициент для учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, принятый 0,7. Важно определять произведение $G_{\text{и}} |t_{\text{в}} - t_{\text{н}}|$, вид же формулы для определения расхода теплоты может иметь различные вариации. Именно данное произведение и характеризует расход теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха. Поэтому рассмотренная в работе [9] методика определения максимальных инфильтрационных расходов при вариации направления ветра еще не дает информации о максимальных расходах теплоты, требуемых на нагрев инфильтрующегося воздуха. Эта методика может давать максимальные расходы теплоты в рамках одного месяца отопительного периода, если делать расчет по среднемесячной температуре наружного воздуха и постоянной для всего месяца скорости ветра. Чтобы определить максимальные расходы теплоты за весь отопительный период, то необходимо рассматривать каждый месяц и для него определять максимальные расходы инфильтрационного воздуха и, следовательно, расходы теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха. Имея информацию по каждому месяцу можно уже определять максимумы расходов теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха по каждому окну рассматриваемого здания, где имеется инфильтрация, для всего отопительного периода.

Предназначение методики определения максимальных инфильтрационных расходов теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха за весь отопительный период лежит на поверхности — эта методика необходима для точного расчета мощностей отопительных приборов, которые используются в помещениях здания. Во всяком случае никогда не лишним знать максимальные расходы теплоты по месяцам отопительного периода и за весь отопительный период, которые учитывают различные направления ветра. Методика в том числе и дает представление, где в здании инфильтрации наблюдаться не будет.

Апробация методики определения максимальных расходов теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха через окна за весь отопительный период

Перед примерами апробации методики определения максимальных расходов теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха через окна за весь отопительный период представлен краткий алгоритм по ее реализации. Для получения максимальных локальных расходов теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха необходимо:

- 1) При помощи средств физического или численного моделирования получить картины распределения ветрового давления по фасадам исследуемого объекта с учетом аэродинамически значимой прилегающей застройки для установленного количества направлений ветра (не менее 8-ми основных) при среднегодовой скорости (можно использовать среднемесячную скорость для каждого месяца ОП) ветра согласно метеорологической справке в районе расположения объекта.
- 2) Для каждого месяца ОП, (месяц ОП – месяц, для которого значение среднемесячной температуры меньше 8°C) необходимо определить расходы инфильтрующегося воздуха через светопрозрачные конструкции (в частности окна) фасадов рассматриваемого здания по каждому направлению ветра.
- 3) Для каждого месяца ОП необходимо получить таблицы с максимальными (по модулю) расходами инфильтрующегося воздуха. Максимумы определяются сравнением данных по каждому окну здания для каждого рассматриваемого направления ветра.
- 4) По таблицам с максимальными расходами инфильтрующегося воздуха по каждому месяцу ОП (в частности по формуле (1)) получить таблицы с максимальными расходами теплоты через светопрозрачные конструкции фасадов здания на нагрев инфильтрующегося воздуха.
- 5) По таблицам с максимальными расходами теплоты через светопрозрачные конструкции фасадов здания на нагрев инфильтрующегося воздуха по каждому месяцу ОП получить таблицы с максимальными расходами теплоты через светопрозрачные конструкции фасадов здания на нагрев инфильтрующегося воздуха по всем месяцам ОП.

В статье представлены три примера апробации методики определения максимальных расходов теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха через окна за весь отопительный период: 1) одиночное здание X8 (рис. 1); 2) тандем зданий X8 и X1 при взаимном расположении «Тандем 1» (рис. 2); 3) тандем зданий X8 и X1 при взаимном расположении «Тандем 2» (рис. 2).

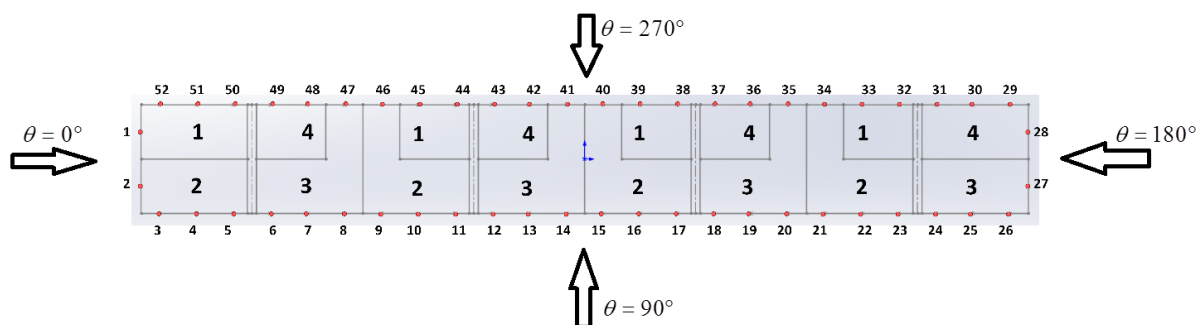


Рис. 1. План типового этажа и ориентация направлений ветра для здания X8

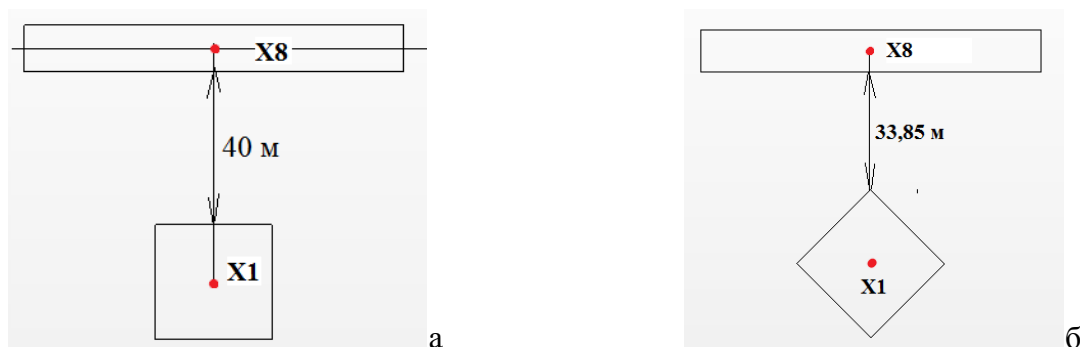


Рис. 2. Расположение зданий: а) “Тандем1”; б) “Тандем2”

Обозначение здания говорит об отношении длины здания к ширине. 12-ти этажное здание X8 шириной 12 м, длиной 98 м, высотой 42 м, с отношением длины к ширине 8,16. В здании 4-ре подъезда. На рис. 1 мелким шрифтом обозначена нумерация окон, более крупным шрифтом – нумерация квартир. Для каждого этажа каждого подъезда нумерация квартир начинается с 1, для каждого этажа нумерация окон начинается с 1 и общая для всех подъездов.

Инфильтрация определяется только на здании X8, здание X1 служило в качестве объекта прилегающей застройки. Ширина и длина здания X1 равны 30 м, высота – 120 м.

В качестве необходимых вводных метеорологических данных была взята информация из справочника по климату СССР для города Хабаровск: среднегодовая скорость ветра $U_0 = 3,5$ м/с, в таблице 1 представлены среднемесячные температуры воздуха для месяцев ОП. Рассматривается 8 основных направлений ветра, ориентация направлений ветра и нумерация окон типового этажа в соответствии с рис. 1. За ветер с севера условно принято направление $\theta = 0^\circ$.

Таблица 1

Месяц	I	II	III	IV	X	XI	XII
Темп. (° C)	-22,3	-17,2	-8,5	3,1	4,7	-8,1	-18,5

Математическая модель программы расчета воздушного режима здания для определения расходов инфильтрующегося воздуха представлена в [9]. Ветровое давление определялось при помощи численного моделирования в пакете вычислительной гидродинамики STAR-CCM+ [10], как и в работе [9], поэтому в данной работе представлен только скоростной закон, который использовался при моделировании в качестве граничного условия.

В случае определения ветрового давления при помощи численного моделирования задавался идентичный скоростной напор посредством закона скорости вида

$$U_m(z) = U_0 \cdot \left(\frac{z}{10.0} \right)^\alpha, \quad (2)$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м³; z – высота относительно нулевого уровня, м; α – степенной коэффициент, зависящий от типа местности. Принято, что $\alpha = 0,15$ соответствует типу местности А согласно классификации СП «Нагрузки и воздействия».

При численном моделировании в рамках метода конечного объема использовалась вычислительная технология RANS, подробно данная технология моделирования описана в работах [11-13].

Из всех полученных данных по численному моделированию обтекания модельного здания 8X, тандемов зданий «Тандем 1» и «Тандем 2» на рис. 3-5 представлены картины распределения ветрового давления для направлений ветра 0° , 45° .

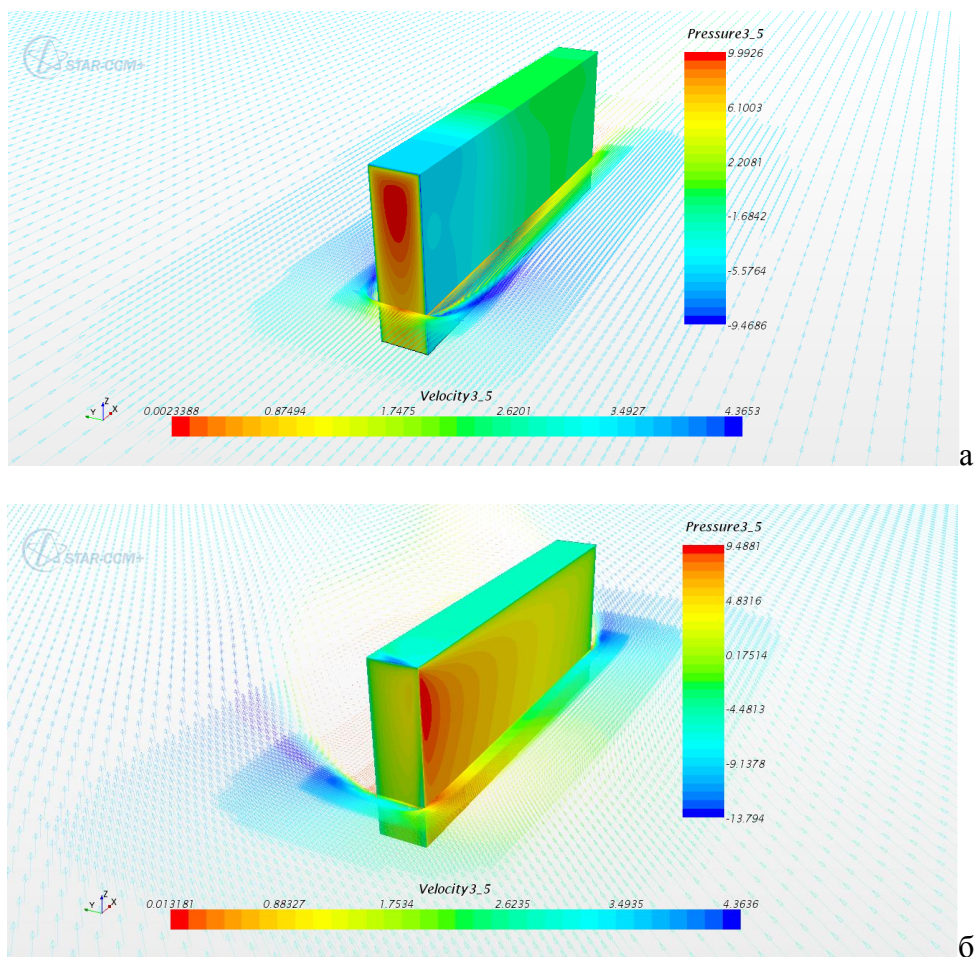


Рис. 3. Распределение ветрового давления по фасадам здания X8. Вид со стороны настиляющего ветра. а- направление ветра $\theta = 0^\circ$, б – направление ветра $\theta = 45^\circ$

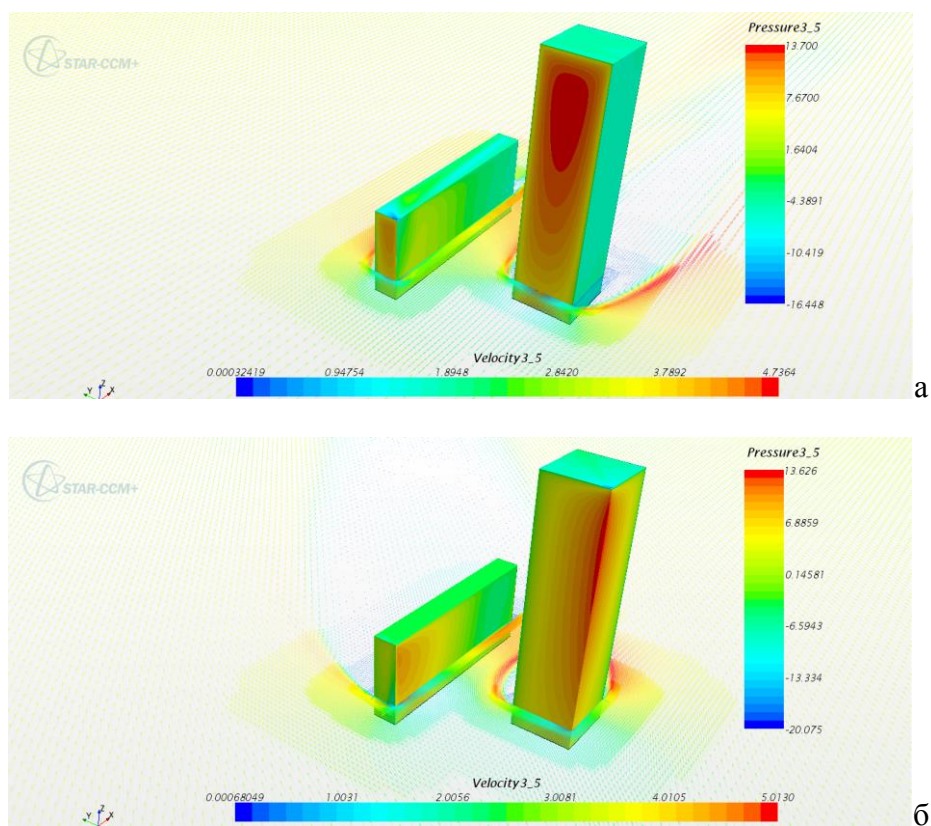


Рис. 4. Распределение ветрового давления по фасадам здания X8 при обтекании зданий «Тандем 1». Вид со стороны настилающего ветра. а- направление ветра $\theta = 0^\circ$, б – направление ветра $\theta = 45^\circ$

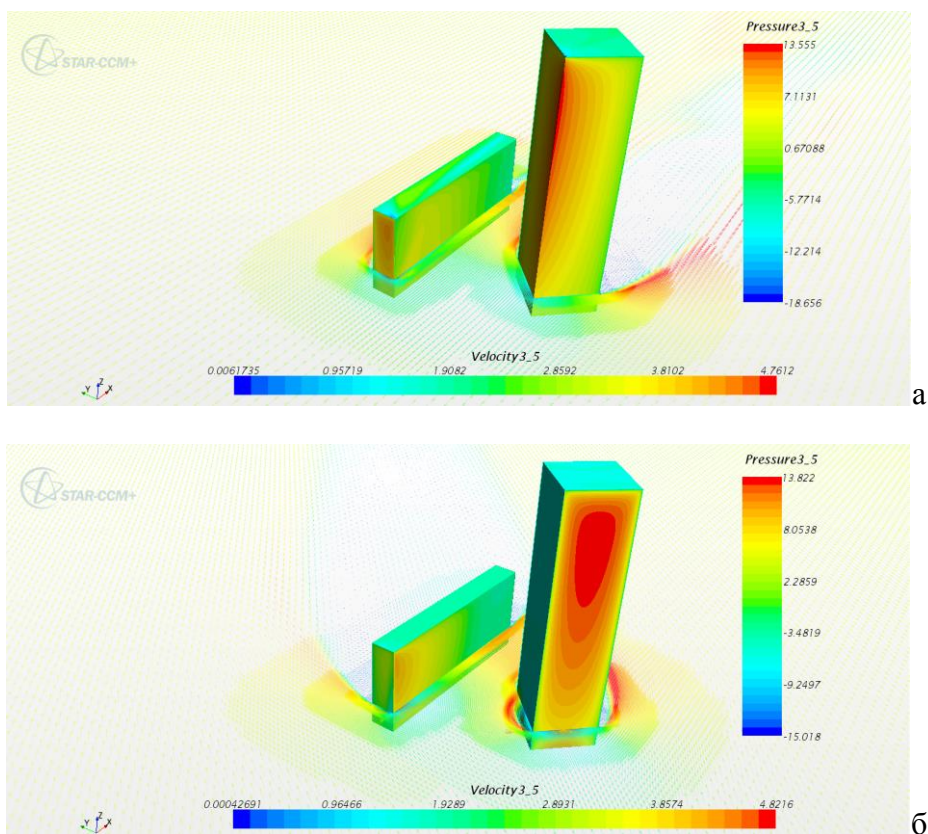


Рис. 5. Распределение ветрового давления по фасадам здания X8 при обтекании зданий «Тандем 2». Вид со стороны настиляющего ветра. а- направление ветра $\theta = 0^\circ$, б – направление ветра $\theta = 45^\circ$

В качестве результатов по апробации методики определения максимальных расходов теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха через окна здания за весь отопительный период представлены результирующие таблицы с максимальными расходами теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха для трех модельных объектов: здания X8, «Тандем 1», «Тандем 2», рис. 6-7.

Максимальный расход теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха (кВт)																			Объект: X8									
№ эт\№ ок	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
1	25,5	25,5	18	18,7	19,8	19,9	19,6	19,6	19,6	19,5	19,6	19,5	19,6	19,6	19,6	19,6	19,5	19,6	19,5	19,6	19,6	19,6	19,9	19,8	18,7	18		
2	24,7	24,7	16,8	16,9	18,1	19,1	18,8	18,4	18,7	18,4	18,3	18,2	18,2	18,3	18,3	18,2	18,2	18,3	18,4	18,7	18,4	18,8	19,1	18,1	16,9	16,8		
3	23,9	23,9	15,6	15,5	16,7	17,9	17,6	17,2	17,7	17,4	17	17,2	16,9	16,9	16,9	16,9	17,2	17	17,4	17,7	17,2	17,6	17,9	16,7	15,5	15,6		
4	23,2	23,2	14,3	14,3	15,4	16,5	16	15,6	16,3	15,9	15,6	15,8	15,5	15,5	15,5	15,5	15,8	15,6	15,9	16,3	15,6	16	16,5	15,4	14,3	14,3		
5	22,5	22,5	13,2	13	13,9	14,7	14,2	13,7	14,6	14,2	13,8	14	13,7	13,7	13,7	13,7	14	13,8	14,2	14,6	13,7	14,2	14,7	13,9	13	13,2		
6	22	22	11,3	11,2	12	12,3	11,8	11,7	12,3	11,8	11,4	11,6	11,2	11,3	11,3	11,2	11,6	11,4	11,8	12,3	11,7	11,8	12,3	12	11,2	11,3		
7	18,5	18,5	8,61	8,08	8,85	8,72	8,6	8,68	8,52	7,97	7,9	7,87	7,85	7,84	7,84	7,85	7,87	7,9	7,97	8,52	8,68	8,6	8,72	8,85	8,08	8,61		
8	16,1	16,1	4,37	3,38	4,08	4	4,17	4,24	3,3	3,29	3,28	3,27	3,25	3,25	3,25	3,25	3,27	3,28	3,29	3,3	4,24	4,17	4	4,08	3,38	4,37		
9	14,1	14,1	2,8	2,36	2,72	2,89	2,97	3,01	2,42	2,42	2,41	2,4	2,39	2,38	2,38	2,39	2,4	2,41	2,42	2,42	3,01	2,97	2,89	2,72	2,36	2,8		
10	12,3	12,3	1,79	1,58	1,98	1,63	1,74	1,79	1,38	1,39	1,38	1,37	1,37	1,36	1,36	1,37	1,37	1,38	1,39	1,38	1,79	1,74	1,63	1,98	1,58	1,79		
11	10,2	10,2	1	0,81	1,21	0,57	0,7	0,76	0,4	0,43	0,44	0,42	0,41	0,41	0,41	0,41	0,42	0,44	0,43	0,4	0,76	0,7	0,57	1,21	0,81	1		
12	6,8	6,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Максимальный расход теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха (кВт)																			Объект: Тандем 1									
№ эт\№ ок	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
1	24,6	19,1	18,4	19,7	19,9	19,7	19,1	18,3	19,2	18,1	18,3	18,4	19	19,1	19,1	19	18,4	18,3	18,1	19,2	18,3	19,1	19,7	19,9	19,7	18,4		
2	23,6	17,6	17,6	18,9	19,2	18,2	17,5	16,8	17,5	16,5	17,1	17,4	18,1	17,9	17,9	18,1	17,4	17,1	16,5	17,5	16,8	17,5	18,2	19,2	18,9	17,6		
3	23,2	16,8	17	18	18,2	17,5	16,7	15,7	16,3	15,2	15,9	16,5	17,5	17	17	17,5	16,5	15,9	15,2	16,3	15,7	16,7	17,5	18,2	18	17		
4	22,8	16,9	15,8	17,1	17,2	16,8	15,8	14,6	15,4	14,3	14,9	15,4	16,4	15,7	15,7	16,4	15,4	14,9	14,3	15,4	14,6	15,8	16,8	17,2	17,1	15,8		
5	22,3	16,9	14,4	15,7	15,7	15,6	14,3	13,1	14,1	12,8	13,5	14	14,8	14	14	14,8	14	13,5	12,8	14,1	13,1	14,3	15,6	15,7	15,7	14,4		
6	20,7	16,6	12,4	13,8	13,7	13,7	12,3	10,8	12	10,5	11,4	11,7	12,9	11,7	11,7	12,9	11,7	11,4	10,5	12	10,8	12,3	13,7	13,7	13,8	12,4		
7	17,3	15,1	9,35	10,9	10,6	10,4	8,98	6,9	8,2	6,41	7,27	8,41	9,63	7,67	7,67	9,63	8,41	7,27	6,41	8,2	6,9	8,98	10,4	10,6	10,9	9,35		
8	15,4	11,7	4,81	5,83	5,39	5,56	3,52	2,4	3,32	2,56	3,43	3,29	4,04	3,46	3,46	4,04	3,29	3,43	2,56	3,32	2,4	3,52	5,56	5,39	5,83	4,81		
9	13,6	9,39	3,15	3,66	3,38	3,66	2,2	0,76	1,96	1,22	2,13	1,88	2,4	2,02	2,02	2,4	1,88	2,13	1,22	1,96	0,76	2,2	3,66	3,38	3,66	3,15		
10	11,9	7,55	1,94	2,35	2,04	2,65	1,24	0	1,25	0,25	1,44	0,48	1,38	1,17	1,17	1,38	0,48	1,44	0,25	1,25	0	1,24	2,65	2,04	2,35	1,94		
11	9,85	6,03	1,12	1,42	0,96	2,11	0,11	0	0,56	0	0,5	0	0,48	0	0	0,48	0	0,5	0	0,56	0	0,11	2,11	0,96	1,42	1,12		
12	6,71	3,57	0,26	0	0	0,88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,88	0	0	0,26		
Максимальный расход теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха (кВт)																			Объект: Тандем 2									
№ эт\№ ок	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
1	24,4	19,2	22,1	23	22,2	22,2	21	20,3	21	19,4	18,5	17,9	16,8	17,3	17,3	16,8	17,9	18,5	19,4	21	20,3	21	22,2	22,2	23	22,1		
2	23,3	17,5	20,4	21,5	21,1	20,8	20,1	20	19,8	20,1	16,3	17,3	15,2	15,2	15,2	15,2	17,3	16,3	20,1	19,8	20	20,1	20,8	21,1	21,5	20,4		
3	22,9	16,5	17	19	19,3	19	17,3	16,6	16,4	15,7	15,3	15,6	13,8	13,5	13,5	13,8	15,6	15,3	15,7	16,4	16,6	17,3	19	19,3	19	17		
4	21	15,2	17,3	17,7	16,4	17,2	15,4	14,6	15,4	14,4	14	13,5	12,6	13,1	13,1	12,6	13,5	14	14,4	15,4	14,6	15,4	17,2	16,4	17,7	17,3		
5	22,1	16,1	13,8	15,8	15,9	16,1	13,7	13	13,3	12,8	12,3	12,9	10,5	10,1	10,1	10,5	12,9	12,3	12,8	13,3	13	13,7	16,1	15,9	15,8	13,8		
6	20,2	15,8	14,2	15,1	13,8	15,4	12,6	11,2	12,7	11,4	10,8	9,53	8,25	8,11	8,11	8,25	9,53	10,8	11,4	12,7	11,2	12,6	15,4	13,8	15,1	14,2		
7	17	14,4	8,02	10,4	10,4	10,5	6,93	6,21	7,36	5,81	4,37	5,76	2,64	2,59	2,59	2,64	5,76	4,37	5,81	7,36	6,21	6,93	10,5	10,4	10,4	8,02		
8	15,1	10,9	4,38	5,78	5,44	6,57	2,92	2,83	4,37	2,92	1,2	2,16	0,41	0,68	0,68	0,41	2,16	1,2	2,92	4,37	2,83	2,92	6,57	5,44	5,78	4,38		
9	13,3	8,64	2,49	2,65	2,8	3,18	1,37	0,81	1,62	0,85	0,44	1,23	0	0	0	0	1,23	0,44	0,85	1,62	0,81	1,37	3,18	2,8	2,65	2,49		
10	11,6	6,82	1,63	2,47	2,15	2,97	1,21	0,75	1,98	2,03	0	0,88	0	0	0	0	0,88	0	2,03	1,98	0,75	1,21	2,97	2,15	2,47	1,63		
11	9,49	5,48	1,05	1,95	1,7	2,7	0,96	0,81	1,84	1,38	0	0	0	0	0	0	0	1,38	1,84	0,81	0,96	2,7	1,7	1,95	1,05			
12	6,6	3,26	0,37	1,48	1,16	2,31	0,35	0	1,46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,46	0	0,35	2,31	1,16	1,48	0,37		

Рис. 6. Таблицы с максимальными расходами теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха через окна здания за весь отопительный период. Часть 1

Максимальный расход теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха (кВт)															Объект: X8											
№ эт\№ ок	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
1	25,5	25,5	17,8	18,5	19,6	26,3	26,5	23,8	23,7	26,1	26	26	26	23,8	23,8	26	26	26	26,1	23,7	23,8	26,5	26,3	19,6	18,5	17,8
2	24,7	24,7	16,7	16,7	17,9	23,8	23,8	22,6	22,6	23,6	23,3	23,4	23,3	22,1	22,1	23,3	23,4	23,3	23,6	22,6	22,6	23,8	23,8	17,9	16,7	16,7
3	23,9	23,9	15,4	15,4	16,6	21,2	20,8	21,5	21,4	20,9	20,6	20,7	20,6	20,3	20,3	20,6	20,7	20,6	20,9	21,4	21,5	20,8	21,2	16,6	15,4	15,4
4	23,2	23,2	14,1	14,1	15,2	18,3	17,9	20,4	20,2	18	17,7	17,8	17,7	18,9	18,9	17,7	17,8	17,7	18	20,2	20,4	17,9	18,3	15,2	14,1	14,1
5	22,5	22,5	12,9	12,7	13,6	15	14,6	19,4	19,1	14,7	14,3	14,3	14,2	17,7	17,7	14,2	14,3	14,3	14,7	19,1	19,4	14,6	15	13,6	12,7	12,9
6	22	22	11	10,7	11,5	11,1	10,9	16,2	16,1	10,6	10,1	10,1	9,99	14,9	14,9	9,99	10,1	10,1	10,6	16,1	16,2	10,9	11,1	11,5	10,7	11
7	18,5	18,5	7,95	7,08	7,9	6,01	6,24	13,5	12,7	4,44	3,98	3,98	3,96	12,5	12,5	3,96	3,98	3,98	4,44	12,7	13,5	6,24	6,01	7,9	7,08	7,95
8	16,1	16,1	3,56	3,09	3,65	2,6	2,7	11,9	11,1	1,89	1,87	1,87	1,85	10,9	10,9	1,85	1,87	1,87	1,89	11,1	11,9	2,7	2,6	3,65	3,09	3,56
9	14,1	14,1	2,49	1,99	2,41	1,79	1,89	10,1	9,39	0,99	0,97	0,96	0,95	9,26	9,26	0,95	0,96	0,97	0,99	9,39	10,1	1,89	1,79	2,41	1,99	2,49
10	12,3	12,3	1,5	1,37	1,8	0,52	0,7	8,14	7,49	0	0	0	0	7,42	7,42	0	0	0	0	7,49	8,14	0,7	0,52	1,8	1,37	1,5
11	10,2	10,2	0,76	0,59	1,04	0	0	6	5,56	0	0	0	0	5,54	5,54	0	0	0	0	5,56	6	0	0	1,04	0,59	0,76
12	6,8	6,8	0	0	0	0	0	3,02	2,71	0	0	0	0	2,7	2,7	0	0	0	0	2,71	3,02	0	0	0	0	0
Максимальный расход теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха (кВт)															Объект: Тандем 1											
№ эт\№ ок	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
1	19,1	24,6	16,9	19,2	20,4	26,7	26,9	25,3	21,1	26,2	26,3	26,2	26,3	16,5	16,5	26,3	26,2	26,3	26,2	21,1	25,3	26,9	26,7	20,4	19,2	16,9
2	17,6	23,6	15,6	17,9	19,1	23,9	24,2	23,8	20,7	23,5	23,6	23,6	23,7	20,7	20,7	23,7	23,6	23,6	23,5	20,7	23,8	24,2	23,9	19,1	17,9	15,6
3	16,8	23,2	14,4	16,6	17,9	21,2	21,4	22,6	21,3	20,6	20,8	20,7	20,8	21,6	21,6	20,8	20,7	20,8	20,6	21,3	22,6	21,4	21,2	17,9	16,6	14,4
4	16,9	22,8	13,2	15,2	16,3	18,5	18,4	22	20,9	17,6	17,7	17,6	17,7	21,4	21,4	17,7	17,6	17,7	17,6	20,9	22	18,4	18,5	16,3	15,2	13,2
5	16,9	22,3	11,9	13,7	14,7	15,3	15,2	21,5	20,5	14,2	14,3	14,3	14,3	20,8	20,8	14,3	14,3	14,3	14,2	20,5	21,5	15,2	15,3	14,7	13,7	11,9
6	16,6	20,7	10,4	11,7	12,6	11,5	11,7	18,2	17	10,3	10,4	10,4	10,4	17,2	17,2	10,4	10,4	10,4	10,3	17	18,2	11,7	11,5	12,6	11,7	10,4
7	15,1	17,3	8,05	8,59	9,48	7,03	7,33	16,3	15,3	5,08	5,1	5,09	5,09	15,3	15,3	5,09	5,09	5,1	5,08	15,3	16,3	7,33	7,03	9,48	8,59	8,05
8	11,7	15,4	4,03	3,61	4,49	3,14	3,38	14,9	13,9	2,25	2,25	2,24	2,24	13,9	13,9	2,24	2,24	2,25	2,25	13,9	14,9	3,38	3,14	4,49	3,61	4,03
9	9,39	13,6	2,53	2,47	2,9	2,19	2,31	13,1	13,3	1,41	1,41	1,41	1,4	14,5	14,5	1,4	1,41	1,41	1,41	13,3	13,1	2,31	2,19	2,9	2,47	2,53
10	7,55	11,9	1,46	1,76	2,22	1,27	1,41	11,1	12,4	0	0	0	0	13,8	13,8	0	0	0	0	12,4	11,1	1,41	1,27	2,22	1,76	1,46
11	6,03	9,85	0,46	1,06	1,48	0	0	8,42	9,09	0	0	0	0	10,2	10,2	0	0	0	0	9,09	8,42	0	0	1,48	1,06	0,46
12	3,57	6,71	0	0	0	0	0	4,24	3,8	0	0	0	0	3,9	3,9	0	0	0	0	3,8	4,24	0	0	0	0	0
Максимальный расход теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха (кВт)															Объект: Тандем 2											
№ эт\№ ок	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
1	19,2	24,4	16,8	18,9	20,1	26,3	26,7	24	24,3	26,1	26,2	26,2	26,2	24,8	24,8	26,2	26,2	26,2	26,1	24,3	24	26,7	26,3	20,1	18,9	16,8
2	17,5	23,3	15,3	17,4	18,6	23,5	24	22,5	22,7	23,4	23,5	23,5	23,6	23,3	23,3	23,6	23,5	23,5	23,4	22,7	22,5	24	23,5	18,6	17,4	15,3
3	16,5	22,9	14,1	16,2	17,4	20,8	21,2	21,1	21,3	20,5	20,7	20,7	20,7	21,9	21,9	20,7	20,7	20,7	20,5	21,3	21,1	21,2	20,8	17,4	16,2	14,1
4	15,2	21	12,9	15,3	16,6	18,3	18,8	20,5	20,8	18	18,2	18,2	18,2	21,4	21,4	18,2	18,2	18,2	18	20,8	20,5	18,8	18,3	16,6	15,3	12,9
5	16,1	22,1	11,5	13,3	14,3	14,8	15	19,7	19,5	14,1	14,2	14,2	14,2	19,9	19,9	14,2	14,2	14,2	14,1	19,5	19,7	15	14,8	14,3	13,3	11,5
6	15,8	20,2	9,82	11,3	12,2	11	11,4	17,2	16,2	10,1	10,2	10,2	10,2	16,4	16,4	10,2	10,2	10,2	10,1	16,2	17,2	11,4	11	12,2	11,3	9,82
7	14,4	17	7,32	7,92	8,77	6,57	6,83	15,1	14,2	4,8	4,81	4,8	4,8	14,2	14,2	4,8	4,8	4,81	4,8	14,2	15,1	6,83	6,57	8,77	7,92	7,32
8	10,9	15,1	3,09	3,35	4,07	2,77	2,89	13,8	13,4	2,2	2,18	2,18	2,17	13,7	13,7	2,17	2,18	2,18	2,2	13,4	13,8	2,89	2,77	4,07	3,35	3,09
9	8,64	13,3	2,06	2,24	2,67	1,99	2,09	11,9	13,2	1,37	1,36	1,35	1,34	13,5	13,5	1,34	1,35	1,36	1,37	13,2	11,9	2,09	1,99	2,67	2,24	2,06
10	6,82	11,6	1,06	1,61	2,03	0,95	1,09	9,82	10,9	0	0	0	0	11,9	11,9	0	0	0	0	10,9	9,82	1,09	0,95	2,03	1,61	1,06
11	5,48	9,49	0	0,87	1,29	0	0	7,41	6,91	0	0	0	0	8,21	8,21	0	0	0	0	6,91	7,41	0	0	1,29	0,87	0
12	3,26	6,6	0	0	0	0	0	3,74	3,4	0	0	0	0	3,43	3,43	0	0	0	0	3,4	3,74	0	0	0	0	0

Рис. 7. Таблицы с максимальными расходами теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха через окна здания за весь отопительный период. Часть 2

Заключение

Для определения ветрового давления или ветровой нагрузки, если следовать терминологии СП «нагрузки и воздействия», когда рассматриваются обтекания здания ветром максимальной скорости за 50 лет (U_0 принимает максимальное значение), на исследуемом здании используются в современной практике методы физического и численного моделирования и уже почти всегда моделируется не только исследуемое здание, но и аэродинамически значимая застройка. Рассматриваемых направлений ветра достаточно много – как правило не менее 16. Апробация методики определения максимальных расходов теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха через окна здания за весь отопительный период показала, что и области задач воздушного режима здания, в том числе для определения инфильтрационных расходов по окнам здания, требуется серьезный подход к получению ветрового давления на фасадах исследуемого здания, который должен учитывать и влияние прилегающей застройки к исследуемому объекту, но и достаточно малый шаг по углу атаки воздушного потока, чтобы не пропускать максимумы инфильтрационных расходов воздуха. Подход к заданию ветрового давления справочными коэффициентами давно изжил себя, что было уже показано в работе [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Богословский В.Н., Щеглов В.П., Разумов Н.Н. Отопление и вентиляция. М.: Стройиздат, 1980. 295 с.
2. Ливчак И.Ф. Вентиляция многоэтажных жилых зданий. М.: Госстройиздат, 1951, 169 с.
3. Китайцева Е.Х. Обобщённые методы расчёта воздушного режима здания и факторов, влияющих на качество внутреннего воздуха. Диссертация на соискание учёной степени к.т.н. М.: МГСУ, 1995. 277 с.
4. Бирюков С.В. Разработка метода определения нормы потребления тепловой энергии системами отопления и вентиляции общественных зданий (на примере учебных корпусов вузов). Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. М.: МГСУ, 2002. 198 с.
5. Грудзинский М.М., Ливчак В.И., Поз М.Я. Отопительно-вентиляционные системы зданий повышенной этажности. М.: Стройиздат, 1982. 256 с.
6. Романовская И.А. Исследование воздушного режима помещений с кондиционированием воздуха. Водоснабжение и санитарная техника, №10, 1982. с. 13—14.
7. Светлов К.С. Исследование воздухообмена в зданиях с использованием ЭВМ. М.: Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. М: МИСИ, 1986. 254 с.
8. Требуков С.С. Организация воздушного режима многоэтажных общественных зданий. М.: Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. М: МИСИ, 1987. 205 с.
9. Кубенин А.С. Исследование влияние направления ветра на процессы инфильтрации воздуха через окна здания. // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №4 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/128TVN415.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/128TVN415
10. STAR-CCM+. Version 9.06. Methodology. CD Adapco Group. Computational Dynamics Limited. 2014.
11. Гувернюк С.В., Гагарин В.Г. Компьютерное моделирование аэродинамических воздействий на элементы ограждений высотных зданий // Журнал АВОК. 2006. №8. С. 18-24.
12. Гагарин В.Г., Гувернюк С.В., Кубенин А.С. О достоверности компьютерных прогнозов при определении ветровых воздействий на здания и комплексы // Жилищное строительство, 2014. №7. С. 3–8.
13. Вопросы применения современных компьютерных технологий для решения практических задач строительной аэродинамики / Гагарин В.Г., Гувернюк С.В., Кубенин А.С., Синявин А.А. // Вестник отделения строительных наук РААСН. 2014. Т. 18. С. 151–156.

Рецензент: Зубков Александр Федорович, с.н.с., к.ф.-м.н., ФГБОУ ВПО «НИИ механики МГУ им М.В. Ломоносова».

Kubenin Alexander Sergeevich

Moscow State university of civil engineering

Russia, Moscow

Institut of mechanics Lomonosov Moscow state university

Russia, Moscow

E-mail: kube-n@mail.ru

Methods determination of the maximum heat consumption for heating infiltrating air through the windows of the building full heating season

Abstract. The article describes the concept of methodology for determining the maximum expenditure of heat for heating infiltrating air through the windows of the building for the entire heating season. The algorithm implementation of this technique. An important aspect of the method is the need of physical or numerical modeling for wind pressure on the facades of the object. The paper presents the validation of this technique in 3 model objects. In fact it determined the distribution pattern of infiltration costs the same building, but with or without factors objects adjacent buildings. According to the final table with the maximum heat consumption for heating infiltrating air for 3 model objects can be concluded that the adjacent buildings, even in the face of a building affects the distribution of the maximum firing rate. Of course, a significant number of buildings adjacent buildings will have a greater impact on picture for maximum infiltration costs for heating infiltrating air through the windows of the building for the entire heating season. Refinement of methods for producing wind pressure, as well as the evolution of a mathematical model of the air regime of the building to the side closer to the actual description of the processes will only be accompanied by improving the accuracy of the technique.

Keywords: heat flow; air infiltration; air permeability; resistance to air permeability; infiltration heat loss; air regime building wind pressure; translucent structures; aerodynamic pressure coefficient; wind direction; numerical simulation; computational fluid dynamics; turbulence model.

REFERENCES

1. Bogoslovskiy V.N., Shcheglov V.P., Razumov N.N. Otoplenie i ventilyatsiya. M.: Stroyizdat, 1980. 295 s.
2. Livchak I.F. Ventilyatsiya mnogoetazhnykh zhilykh zdaniy. M.: Gosstroyizdat, 1951, 169 s.
3. Kitaytseva E.Kh. Obobshchennye metody rascheta vozdushnogo rezhima zdaniya i faktorov, vliyayushchikh na kachestvo vnutrennego vozdukha. Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni k.t.n. M.: MGSU, 1995. 277 s.
4. Biryukov S.V. Razrabotka metoda opredeleniya normy potrebleniya teplovoy energii sistemami otopleniya i ventilyatsii obshchestvennykh zdaniy (na primere uchebnykh korpusov vuzov). Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni k.t.n. M.: MGSU, 2002. 198 s.
5. Grudzinskiy M.M., Livchak V.I., Poz M.Ya. Otopitel'no-ventilyatsionnye sistemy zdaniy povyshennoy etazhnosti. M.: Stroyizdat, 1982. 256 s.
6. Romanovskaya I.A. Issledovanie vozdushnogo rezhima pomeshcheniy s konditsionirovaniem vozdukha. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika, №10, 1982. s. 13—14.
7. Svetlov K.S. Issledovanie vozdukhoobmena v zdaniyakh s ispol'zovaniem EVM. M.: Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni k.t.n. M.: MISI, 1986. 254 s.
8. Trebukov S.S. Organizatsiya vozdushnogo rezhima mnogoetazhnykh obshchestvennykh zdaniy. M.: Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni k.t.n. M.: MISI, 1987. 205 s.
9. Kubenin A.S. Issledovanie vliyaniye napravleniya vetra na protsessy infil'tratsii vozdukha cherez okna zdaniya. // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» Tom 7, №4 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/128TVN415.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus., angl. DOI: 10.15862/128TVN415
10. STAR-CCM+. Version 9.06. Methodology. CD Adapco Group. Computational Dynamics Limited. 2014.
11. Guvernyuk S.V., Gagarin V.G. Komp'yuternoe modelirovaniye aerodinamicheskikh vozdeystviy na elementy ograzhdeniy vysotnykh zdaniy // Zhurnal AVOK. 2006. №8. С. 18-24.
12. Gagarin V.G., Guvernyuk S.V., Kubenin A.S. O dostovernosti komp'yuternykh prognozov pri opredelenii vetrovykh vozdeystviy na zdaniya i komplekсы // Zhilishchnoe stroitel'stvo, 2014. №7. S. 3—8.
13. Voprosy primeneniya sovremennykh komp'yuternykh tekhnologiy dlya resheniya prakticheskikh zadach stroitel'noy aerodinamiki / Gagarin V.G., Guvernyuk S.V., Kubenin A.S., Sinyavin A.A. // Vestnik otdeleniya stroitel'nykh nauk RAASN. 2014. T. 18. S. 151—156.