

Маркова О.Л., Кирьянова М.Н., Иванова Е.В., Зарицкая Е.В.

ПУТИ МИНИМИЗАЦИИ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ТАБАЧНОГО АЭРОЗОЛЯ ПРИ ПАССИВНОМ КУРЕНИИ

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург

Введение. В работе представлены результаты оценки качества воздуха закрытых помещений в условиях эксперимента при использовании двух видов никотинсодержащей продукции – сигарет и электронной системы доставки никотина (ЭСДН) как наиболее распространённых видов курения.

Материал и методы. При проведении эксперимента были измерены концентрации компонентов табачного аэрозоля – 12 химических веществ и двух аэрозолей. Исследования выполнялись в изолированном помещении при контролируемых параметрах микроклимата и равномерном перемешивании воздуха. В эксперименте участвовали группы добровольцев, использовавшие сигареты, ЭСДН, а также контрольная группа некурящих. Все испытуемые дали информированное согласие на участие в эксперименте. Для сравнения качества воздуха в помещении при курении табачных изделий был выполнен контроль фоновых показателей.

Результаты. В результате проведённых исследований определены химические вещества, выделяющиеся в воздух закрытых помещений при курении сигарет «PARLAMENT Aqua Blue» и использовании ЭСДН «CRICKET Классик 3.0», для расчёта валовых поступлений химических веществ в воздушную среду. Выделены приоритетные вещества с учётом влияния на здоровье человека, которые можно рекомендовать для применения в расчётах и при проведении исследований воздуха закрытых помещений, подверженных влиянию табачного аэрозоля. Расчётные величины концентраций вредных веществ, расходов воздуха, кратности воздухообмена, полученные на основании экспериментальных данных, позволяют организовать систему вентиляции с учётом гигиенических требований, основанных на значениях предельно допустимых концентраций для атмосферного воздуха.

Заключение. Предложенные рекомендации по расчётам параметров вентиляции для создания комфортной среды обитания людей в условиях пассивного курения будут способствовать улучшению качества воздуха общественных зданий.

Ключевые слова: воздух закрытых помещений; использование никотинсодержащей продукции; химические вещества табачного дыма; расчёт расхода удаляемого воздуха.

Для цитирования: Маркова О.Л., Кирьянова М.Н., Иванова Е.В., Зарицкая Е.В. Пути минимизации негативного влияния компонентов табачного аэрозоля при пассивном курении. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(6): 682-687. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-6-682-687>

Для корреспонденции: Маркова Ольга Леонидовна, кандидат биол. наук, ст. науч. сотр. отд. анализа рисков здоровью населения ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург. E-mail: olleonmar@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Маркова О.Л., Иванова Е.В.; сбор и обработка материалов – Зарицкая Е.В., Кирьянова М.Н., Маркова О.Л.; статистическая обработка – Зарицкая Е.В.; написание текста – Маркова О.Л., Кирьянова М.Н., Иванова Е.В.; редактирование – Кирьянова М.Н.; утверждение окончательного варианта статьи – Маркова О.Л.; ответственность за целостность всех частей статьи – Кирьянова М.Н.

Поступила 11.03.2019

Принята к печати 27.05.19

Опубликована 07.2019

Markova O.L., Kiryanova M.N., Ivanova E.V., Zaritskaya E.V.

WAYS FOR MINIMIZING THE NEGATIVE EFFECT OF TOBACCO AEROSOL COMPONENTS DURING PASSIVE SMOKING

North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation

Introduction. There are reported air quality assessment findings in enclosed spaces in experimental conditions using two kinds of nicotine-containing products - cigarettes and electronic nicotine delivery system (ENDS), seem to be the most common types of smoking.

Material and Methods. In the process of the experiment concentrations of tobacco aerosol components, i.e.: 12 chemicals and two aerosols were measured. Studies were carried out in isolated rooms under monitored microclimate parameters and uniform air mixing. Groups of volunteers using cigarettes or electronic nicotine delivery systems and the control non-smoker group participated in the study; everybody gave their informed consent for participation in the experiment. Control of background indices for comparison of air quality in rooms where tobacco products were being smoked was carried out.

Results. Our studies allowing to identify chemicals evolving into the air of enclosed rooms where “PARLAMENT Aqua Blue” cigarettes were smoked or electronic tobacco delivery systems “CRICKET Classic 3.0” were used, to estimate total amount of chemicals in air. Prevailing chemicals affecting human health, which can be recommended for the use in calculations and air study of enclosed rooms exposed to tobacco aerosol, were identified. Estimated values of adverse chemical concentrations, air flow and air expenditure rate, resulting from experimental data allow designing ventilation system with regard to hygienic requirements based on maximum allowable concentration values for atmospheric air.

Conclusions. *Suggested recommendations on calculation of ventilation parameters to produce comfortable human environment in passive smoking conditions will improve air quality in public buildings.*

Key words: *air of enclosed spaces; nicotine-containing products use; tobacco.*

For citation: Markova O.L., Kiryanova M.N., Ivanova E.V., Zaritskaya E.V. Ways for minimizing the negative effect tobacco aerosol. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(6): 682-687. (In Russ.). DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-6-682-687

For correspondence: Olga L. Markova, MD, Ph.D., senior researcher, Department of Population Health Risks Analysis, North-West Public Health Research Center, Saint-Petersburg, 191036, Russian Federation. E-mail: olleonmar@mail.ru

Information about authors:

Markova O.L., <http://orcid.org/0000-0002-4727-7950>; Kir'yanova M.N., <http://orcid.org/0000-0001-9037-0301>; Ivanova E.V., <http://orcid.org/000-0001-9461-9979>; Zareckaya E.V., <http://orcid.org/0000-0003-2481-1724>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Contribution: research concept and design – Markova O.L., Ivanova E.V.; collection and processing of material – Markova O.L., Kir'yanova M.N., Zaritskaya E.V.; statistical processing – Zaritskaya E.V.; text writing – Markova O.L., Kir'yanova M.N., Ivanova E.V.; editing – Kir'yanova M.N.; approval of the final article – Markova O.L.; responsibility for the integrity of all parts of the article – Kir'yanova M.N.

Received: 11 March 2019

Accepted: 27 May 2019

Published 07.2019

Введение

Негативное влияние курения на здоровье доказано большинством специалистов медицинской науки [1–4]. Однако, несмотря на угрожающую статистику и пропаганду здорового образа жизни, ещё достаточно большое количество людей подвержено этой вредной привычке [5]. По прогнозам Всемирной организации здравоохранения, к 2025 г. количество курильщиков превысит 1 млрд человек [6].

Дым сигарет представляет собой сложный, меняющийся во времени аэрозоль, содержащий более 8000 химических веществ, образующихся в результате реакций пиролиза, горения, дистилляции при тлении сигареты [7].

По результатам ретроспективного анализа, проведённого ВОЗ в 2004 г. в 192 странах, пассивное курение широко распространено во всём мире: ему подвержены 33% некурящих мужчин, 35% некурящих женщин и 40% детей [8]. Согласно исследованиям, проведённым в Российской Федерации в 2009 г., 51,4% взрослого населения подвергалось вторичному воздействию табачного дыма, в частности при посещении баров, ночных клубов – 90,5%, ресторанов – 78,6%, кафе – 49,9%, в государственных помещениях – 17,0%, в медицинских учреждениях – 10,2%, на работе – 19,7%, в школах – 11,1%, в лицеях и университетах – 29,8% [9].

Как показывают исследования, воздействие на человека табачного дыма, содержащегося в окружающей среде, – «пассивное курение» – приводит к таким заболеваниям, как рак лёгкого, болезни сердца – у взрослого некурящего населения, у детей – к астме, респираторным инфекциям, кашлю, хрипу и отиту, а также к синдрому внезапной смерти ребенка [10–15]. Пассивное курение связано с повышенным риском развития хронических респираторных симптомов и хронической обструктивной болезни лёгких (ХОБЛ) [16].

Таким образом, исследование качества воздуха в помещениях, подвергающихся воздействию табачного дыма, и разработка эффективных систем вентиляции является актуальной задачей.

Естественно, лучшим способом обеспечения высокого качества воздуха является устранение источника загрязнений, а именно – запрет курения в помещении. В тех случаях, когда курение разрешено, эффективным средством сокращения влияния табачного дыма на человека является проектирование и устройство систем вентиляции, позволяющих значительно снизить концентрацию вредных компонентов [17–20].

Цель исследования – определение приоритетных химических веществ в составе табачного аэрозоля и удельных выделений при курении различных типов сигарет для расчёта расхода удаляемого воздуха из зон курения.

Материал и методы

За последние десятилетия было разработано несколько подходов к снижению объёма выделяемых вредных веществ в сигаретном дыме, включая использование инновационных

фильтров и табачных смесей, которые позволили бы выборочно уменьшить содержание определённых классов химических веществ в табачном дыме [7]. К таким никотинсодержащим продуктам относятся электронные сигареты. Этот вид никотинсодержащей продукции был взят для сравнения с традиционными сигаретами.

В качестве источников выделения вредных веществ исследовали 2 вида продукции: сигареты «PARLAMENT Aqua Blue» фирмы «Филипп Моррис» и электронная система доставки никотина (ЭСДН) «CRICKET Классик 3.0» – устройство, в котором вместо сжигания табачного листа происходит испарение никотинсодержащего раствора для его последующего вдыхания пользователем.

В эксперименте принимали участие добровольцы со стажем курения на менее трёх лет, давшие информированное согласие на участие в эксперименте. Исследования каждого вида продукции продолжались по три дня, в каждом из которых участвовала группа добровольцев в составе трёх человек.

На период проведения эксперимента специально выделенное помещение объёмом 40,55 м³ было изолировано от внешней среды: оборудовано тамбуром и отключена система искусственной вентиляции. Потолочные вентиляторы обеспечивали равномерное распределение загрязняющих веществ в воздухе. Этот объём помещения выбран в связи с необходимостью комфортного размещения добровольцев, специалистов, проводящих исследования, оборудования.

Для обеспечения постоянного присутствия табачного дыма в воздушной среде каждый доброволец выкуривал (использовал) с интервалом 45 мин одну сигарету (никотинсодержащее изделие) по графику, составленному так, чтобы каждые 15 мин использовалась одна сигарета или изделие. Общее количество выкуренных сигарет в помещении составило 18 штук за 4,5 часа проведения эксперимента. При испытании ЭСДН каждому добровольцу выдавалось по одному изделию, которое использовалось в течение всего эксперимента. Для контроля потребления проводили взвешивание ЭСДН до и после сеанса. Таким образом, в воздушную среду непрерывно поступали компоненты табачного аэрозоля.

Каждая серия испытаний с группами, использующими сигареты и электронную систему доставки никотина, сопровождалась испытаниями с участием контрольной группы из трёх некурящих добровольцев. Измерение фоновых показателей качества воздуха было выполнено в помещении до начала исследований.

Во время эксперимента осуществлялся отбор проб воздуха и измерение параметров микроклимата (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха) каждые 1,5 ч в течение 4,5 ч. Пробоотборные устройства и датчик метеометра были расположены на уровне дыхания человека, находящегося в положении сидя. Во время эксперимента оценивали концентрацию химических веществ от курения в целом: учитывалось поступление табачного дыма в воздух помещения от основной струи, которую курящий выдыхает при каждой затяжке, и побоч-

Таблица 1

Статистически обработанные данные по определению компонентов табачного дыма при различных способах потребления табачных изделий

Вещество	Вид эксперимента	Концентрация (медиана <i>M</i>), мг/м ³			
		фон	через 1,5 ч	через 3 ч	через 4,5 ч
Изопрен	Контроль	0,005	0,025	0,0385	0,041
	Сигареты	0,0052	0,36	0,785	0,98
	ЭСДН	0,0034	0,028	0,9565	0,0845
1,3-Бутадиен	Контроль	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
	Сигареты	0,0002	0,0345	0,0845	0,095
	ЭСДН	0,0002	0,0007	0,0014	0,0021
Акрилонитрил	Контроль	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
	Сигареты	0,0006	0,0115	0,025	0,0285
	ЭСДН	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
Кротональ	Контроль	0,001	0,001	0,001	0,001
	Сигареты	0,001	0,0024	0,0145	0,0115
	ЭСДН	0,001	0,001	0,001	0,001
Бензол	Контроль	0,0012	0,0021	0,0021	0,0018
	Сигареты	0,0008	0,012	0,0275	0,0335
	ЭСДН	0,0009	0,0022	0,0032	0,0032
Толуол	Контроль	0,0042	0,0043	0,0030	0,0030
	Сигареты	0,0019	0,020	0,043	0,0495
	ЭСДН	0,0020	0,0063	0,0078	0,0095
Никотин	Контроль	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
	Сигареты	0,0008	0,0165	0,021	0,0145
	ЭСДН	0,0006	0,0006	0,0007	0,0007
Формальдегид	Контроль	0,0235	0,0335	0,038	0,038
	Сигареты	0,024	0,0845	0,1265	0,1365
	ЭСДН	0,019	0,031	0,036	0,044
Ацетальдегид	Контроль	0,0087	0,013	0,0165	0,0175
	Сигареты	0,0082	0,16	0,3835	0,4685
	ЭСДН	0,008	0,014	0,029	0,046
Азота оксид	Контроль	0,037	0,041	0,048	0,051
	Сигареты	0,045	0,1445	0,264	0,301
	ЭСДН	0,015	0,013	0,024	0,031
Углерод оксид	Контроль	0,5	0,7	1,0	1,0
	Сигареты	0,2	5,4	10,1	12,75
	ЭСДН	0,3	1,4	2,7	3,6
Взвешенные вещества PM _{2,5}	Контроль	0,034	0,042	0,043	0,035
	Сигареты	0,026	0,69	1,2	1,2
	ЭСДН	0,045	0,066	0,066	0,078
Взвешенные вещества PM ₁₀	Контроль	0,036	0,039	0,043	0,035
	Сигареты	0,037	0,69	1,2	1,2
	ЭСДН	0,047	0,075	0,083	0,084
Акролеин	Контроль	0,0069	0,015	0,018	0,0195
	Сигареты	0,0063	0,015	0,0195	0,0295
	ЭСДН	0,008	0,007	0,014	0,0205

ной, поступающей с тлеющего конца сигареты. В соответствии с выбором методических указаний использовали аэрозольные фильтры, сорбционные трубки с полимерным сорбентом, картриджи и угольные патроны. Анализ отобранных воздушных проб осуществлялся в аккредитованном лабораторном центре ХАЦ «Арбитраж».

Для обработки полученных результатов использовалась программа IBM SPSS Statistics, v. 22. Рассчитывался непараметрический критерий Фридмана (модификация критерия хи-квадрат для К-связанных выборок), а также определялись медиана (50-й перцентиль) и межквартильный диапазон (25–75 перцентили), которые эквивалентны среднему арифметическому и 95%-му доверительному интервалу в параметрической статистике. После проведения статистической обработки данных для дальнейших вычислений были выбраны максимальные концентрации по каждому веществу (медиана 50% перцентили). Анализировалась значимость изменения концентраций веществ в воздухе помещения во время исследований по четырём временным интервалам (фон, через 1,5, 3 и 4,5 ч).

Расчёт показателей для определения необходимого объёма удаляемого воздуха (расхода) выполнен в соответствии с СП 60.13330.2016 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха». Для расчёта величин удельных выделений вредных веществ, минимального расхода удаляемого воздуха, кратности воздухообмена по каждому компоненту были смоделированы следующие условия: помещение объёмом 2 м³ (0,8 • 0,8 • 3,1) м³, которое соответствует небольшой курительной комнате (кабинке) или небольшой площадке (для одного курящего). Однако для такого объёма возможно проектирование отдельной системы вентиляции, удаляющей табачный дым максимально быстро и эффективно, что снизит уровень влияния табачного аэрозоля на окружающих.

Результаты

В ходе эксперимента были измерены концентрации 12 химических веществ: никотина, изопрена, 1,3 бутадиена, акрилонитрила, бензола, толуола, формальдегида, ацетальдегида, акролеина, кротоналя, углерод оксида, азота оксида, азота диоксида, углерод оксида и двух аэрозолей: взвешенные частицы PM_{2,5} и PM₁₀. Эти компоненты были выбраны как характерные вещества, выделяющиеся при использовании никотинсодержащей продукции. Для исключения влияния химических веществ, относящихся к группе антропоксинов, их измерения были проведены в контрольной группе добровольцев и вычитались при определении конечного результата [21]. Результаты представлены в табл. 1.

Критерием для оценки качества воздуха были приняты предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в атмосферном воздухе.

Параллельно с исследованием загрязнения воздушной среды регистрировались параметры микроклимата. Температура воздуха в помещении колебалась от 21,2–25,2°C в начале измерений до 23,9–27,7°C в конце измерений. За время эксперимента (4,5 ч) температура воздуха увеличивалась на 2,1–2,5°C при использовании ЭСДН, на 1,4–1,6°C – при курении сигарет и на 1,9–3,8°C – в дни отбора контрольных проб. Рост относительной влажности воздуха за 4,5 ч эксперимента составил: 5–12% при использовании ЭСДН, 6–7% при курении сигарет и 6–8% – в дни отбора контрольных проб.

За 4,5 ч проводимого эксперимента при использовании изучаемых видов табачной продукции величина повышения температуры и относительная влажность воздуха составили в среднем 2°C и 7% соответственно и существенно не отличались от таковых при отборе контрольных проб. Таким образом, рост температуры и относительной влажности, скорее всего, связан с тепло-влажновыделениями присутствующих в помещении людей (3 добровольца, 1 оператор измерений – сотрудник лаборатории). Подвижность воздуха, измеренная на высоте 1 м от пола (в «зоне дыхания» сидящего человека), в течение всего периода измерений была стабильно ниже 0,1 м/с.

Для оценки вклада каждого компонента расчёт был выполнен по 12 веществам и двум видам аэрозолей для модели помещения объёмом 2,0 м³ = (0,8 м • 0,8 м • 3,1 м) как наиболее

Таблица 2

Расчётные показатели, необходимые для определения удельных выделений, объёма удаляемого воздуха, кратности воздухообмена для двух видов продукции при моделировании условий: помещение объёмом 2 м³ на человека

Определяемое вещество	Расчётный показатель							
	концентрация, мг/м ³		удельные выделения, мг/ч		объём удаляемого воздуха, м ³ /ч		кратность воздухообмена	
	сигареты	ЭСДН	сигареты	ЭСДН	сигареты	ЭСДН	сигареты	ЭСДН
Никотин	0,12	0,0009	4,8	0,03	6021	45	148	1,1
Изопрен	4,0	0,29	161	11,7	321	23	8	0,6
1,3-бутадиен	0,32	0,008	13,1	0,32	4,4	0,11	0,11	0,0026
Акрилонитрил	0,11	–	4,3	–	139	–	3,4	–
Бензол	0,13	0,009	5,3	0,34	18	1,2	0,5	0,026
Толуол	0,2	0,03	8,0	1,1	13	1,9	0,3	0,05
Формальдегид	0,34	0,08	13,7	3,4	275	68	6,8	1,7
Ацетальдегид	1,3	0,09	51	3,5	5139	348	127	8,5
Акролеин	0,07	0,063	3,0	2,6	101	85	2,4	2,1
Кротональ	0,065	–	2,6	–	103	–	2,6	–
Взвешенные частицы РМ _{2,5}	5,1	0,16	209	6,4	1305	40	32	1,0
Взвешенные частицы РМ ₁₀	5,0	0,18	199	7,2	666	24	17	0,6
Углерода оксид	57	12	2382	503	476	101	11,7	2,4
Азота оксид	1,2	0,013	47,4	0,53	118	1,3	2,9	0,033

неблагоприятного варианта по величинам образующихся при курении концентраций вредных веществ, а также наиболее востребованный, минимально необходимый для курительной кабины, используемой в офисах, гостиницах и др.

В выбранной модели концентрации никотина, изопрена, акрилонитрила, формальдегида, ацетальдегида, акролеина, кротоналя, углерод оксида, азота оксида, взвешенных частиц РМ_{2,5} и РМ₁₀ превышали предельно допустимые в 2,5–150 раз при процессе курения сигарет. При использовании ЭСДН отмечалось превышение концентраций никотина, формальдегида, ацетальдегида, углерод оксида в 1,1–9 раз. Наибольший расчётный объём удаляемого воздуха получен для ацетальдегида и никотина – 5139–6021 м³/ч. В этом случае при оборудовании вытяжного устройства (зонта) диаметром 0,5 м в верхней зоне кабины (в потолке), скорость удаляемого воздуха составит около 2 м/с. Так как скорость воздуха вблизи всасывающего отверстия быстро затухает, на расстоянии одного калибра (в зоне дыхания человека) скорость составит 10% от скорости в отверстии – примерно 0,2 м/с. Вытяжка может работать только во время курения. Таким образом, мы добиваемся эффективного удаления загрязняющих веществ из зоны курения и одновременно экономии электроэнергии [20]. На основании полученных данных были рассчитаны величины концентраций вредных веществ в помещении, удельные выделения вредных веществ, минимальный расход удаляемого воздуха по каждому компоненту (табл. 2). Представленная табл. 2 даёт возможность разработчику систем вентиляции общественных зданий с планируемыми зонами курения выбрать варианты расчёта необходимого расхода для обеспечения качества воздуха в помещении.

На основании полученных значений концентраций компонентов табачного аэрозоля при курении сигарет «PARLAMENT Aqua Blue» и ЭСДН «CRICKET Классик 3.0» был проведён выбор приоритетных химических веществ для расчёта объёма удаляемого воздуха (расхода) из зоны курения. Потенциальная опасность каждого компонента определялась на основе величин удельных выделений (m) и значений ПДК-веществ в атмосферном воздухе. Исходя из практики проектирования, для расчётов расхода воздуха (L)¹ концентрация вредных веществ в воздухе зоны курения принимается равной ПДК:

$$L = m_{\text{PO}} / C_{\text{пом}} = m_{\text{PO}} / \text{ПДК},$$

где L – расход воздуха, м³/ч; m_{PO} – количество каждого из вредных веществ, поступающих в воздух помещения (удельные выделения), мг/ч [22]; $C_{\text{пом}}$ – концентрация вредных веществ в воздухе помещения для курения, мг/м³.

Интегральный показатель значимости вещества определяется отношением величин: $m_i / \text{ПДК}_i$, где m_i – валовое выделение каждого вещества. Значимость каждого ингредиента определяется как $m_1 / \text{ПДК}_1$; $m_2 / \text{ПДК}_2$; $m_3 / \text{ПДК}_3$... $m_n / \text{ПДК}_n$.

Величина интегрального показателя обуславливает количество воздуха, необходимое для разбавления каждого вещества. Соответственно, при обеспечении воздухообмена для одного вещества, концентрации остальных будут уменьшаться пропорционально отношениям $m_i / \text{ПДК}_i$, т. е. составлять определённый запас.

При курении в помещение выделяется широкий спектр веществ. Поэтому для проектировщиков и для контроля качества воздуха в курительных комнатах важно выделить несколько приоритетных компонентов. Представленная формула служит экспресс-методом для дальнейшего расчёта по выявлению наиболее значимых (приоритетных) веществ, требующих наибольшего количества воздуха для разбавления вредностей. Полученные данные представлены в табл. 3.

При оценке качества воздуха помещений при курении сигарет «PARLAMENT Aqua Blue» количественно преобладающими компонентами валового поступления в атмосферу являются взвешенные частицы, оксид углерода, изопрен. Однако с учётом значимости влияния на организм человека приоритетными компонентами становятся ацетальдегид, взвешенные частицы и никотин.

При использовании ЭСДН «CRICKET Классик 3.0» наибольшие валовые поступления в атмосферу составляют взвешенные частицы, оксид углерода, изопрен, однако наиболее значимыми оказались такие компоненты, как ацетальдегид, оксид углерода, акролеин, формальдегид.

Выделенные приоритетные вещества можно рекомендовать для применения в расчётах и при проведении исследований воздуха закрытых помещений, подверженных влиянию табачного аэрозоля.

Результаты расчёта интегральных показателей для выбора приоритетных химических веществ при расчёте расхода воздуха

Определяемое вещество	ПДК, мг/м ³	Сигареты «PARLAMENT AquaBlue»		ЭСДН «CRICKET Классик 3.0»	
		удельные выделения (m), мг/ч	m ₁ / ПДК, м ³ /ч	удельные выделения (m), мг/ч	m ₁ / ПДК, м ³ /ч
Азота оксид (II)	0,4	47	118	0,53	1,3
Акрилонитрил	-0,03	4,3	143	-	-
Ацетальдегид	0,01	51	5139	3,5	348
Акролеин	0,03	3,0	101	2,6	85
Бензол	0,3	5,3	18	0,34	1,2
1,3-бутадиен	3	13,1	4,4	0,32	0,11
Кротональ	0,025	2,6	103	-	-
Взвешенные частицы PM _{2,5}	0,16	209	1305	6,4	40
Взвешенные частицы PM ₁₀	0,3	199	666	7,2	24
Толуол	0,6	8,0	13	1,1	1,9
Изопрен	0,5	161	322	11,7	23
Никотин	0,0008	4,8	6000	0,036	45
Углерода оксид	5	2382	476	503	101
Формальдегид	0,05	13,7	275	3,4	68

Обсуждение

Проблема ограничения пассивного курения в настоящее время продолжает оставаться актуальной для нашей страны [5, 10]. В Российской Федерации действует Федеральный закон², ограничивающий места курения в общественных зданиях. Основное требование при организации зон курения состоит в соблюдении установленных в соответствии с санитарным законодательством Российской Федерации гигиенических нормативов содержания вредных веществ в атмосферном воздухе, выделяемых в процессе потребления табачных изделий.

На сегодняшний день в санитарных правилах отсутствуют конкретные рекомендации для курительных комнат. Единственным для проектировщиков документом, регламентирующим кратность воздухообмена для курительных комнат, в настоящее время остаётся свод правил для административных и бытовых зданий³, согласно которому расчёты выполняются по объёму удаляемого воздуха без учёта воздействия веществ, наиболее опасных для здоровья человека при пассивном курении. Предложенные нами интегральные показатели для выбора приоритетных химических веществ позволят повысить качество и эффективность расчёта расхода удаляемого воздуха и существенно снизить влияние дыма на некурящих, вынужденных подвергаться пассивному курению.

Заключение

Основным направлением минимизации риска для здоровья при пассивном курении является рациональная организация систем вентиляции для удаления компонентов табачного аэрозоля.

В результате проведённых исследований определены приоритетные химические вещества, выделяющиеся в воздух закрытых помещений при курении сигарет «PARLAMENT Aqua Blue» и использовании электронной системы доставки никотина «CRICKET Классик 3.0», рассчитаны валовые поступления химических веществ в воздушную среду.

Расчётные величины концентраций вредных веществ, расходов воздуха, кратности воздухообмена, полученные на основании экспериментальных данных, позволяют организовать систему вентиляции с учётом гигиенических требований, основанных на значениях ПДК для атмосферного воздуха.

Предложенные рекомендации по расчётам параметров вентиляции для создания комфортной среды обитания людей в условиях пассивного курения будут способствовать улучшению качества воздуха общественных зданий.

Л и т е р а т у р а

(пп. 2–4, 7–9, 11–12, 14 см. References)

1. Табак. Информационный бюллетень. Май 2015; ВОЗ 339. Электронный ресурс.-URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs339/rus/>
5. Биккинина Г.М. Проблемы табакокурения как модифицируемого фактора риска у сотрудников силовых структур. *Фундаментальные исследования*. 2011; 7: 27-30.
6. Смирнова М.А. Эффективность отказа от табакокурения больных хронической обструктивной болезнью легких и туберкулезом легких при индивидуальном телефонном консультировании. *Клиническая и экспериментальная медицина*. 2017; 19(3): 40-4.
10. Титова О.Н., Куликов В.Д., Суховская О.А. Пассивное курение и болезни органов дыхания. *Медицинский альянс*. 2016; 3: 73-7.
13. Зубаирова Л.Д., Зубаиров Д.М. Курение как фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний. *Казанский медицинский журнал*. 2006; 87; (5): 369-73.
15. Краснова Ю.Н. Влияние табачного дыма на органы дыхания. *Сибирский медицинский журнал*. 2015; (6): 11-5.
16. Похазникова М.А., Кузнецова О.Ю., Лебедев А.К., Распространенность пассивного курения и других факторов риска хронической обструктивной болезни легких в Санкт-Петербурге. *Российский семейный врач*. 2015; (4): 21-8.
17. Кирьянова М.Н., Маркова О.Л., Иванова Е.В. Актуальные вопросы качества воздушной среды офисных помещений. *Сборник материалов «Всероссийской НПК с международным участием «Профилактическая медицина – 2017»*: 9-14.
18. Маркова О.Л., Иванова Е.В. Современные решения улучшения качества воздушной среды на рабочих местах электросварщиков. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; (2): 5-8.
19. Маркова О.Л., Иванова Е.В., Зарицкая Е.В. Поиск решений по минимизации риска здоровью при пассивном курении. *Сборник Труды XIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. 2018; 13; (2): 882-91.
20. Бродяч М.М., Бросема Б., Наумов А.Л., Першин А.Н. *Зоны для курения. Проектирование систем вентиляции*. М.: АВОК-ИРЕСС, 2013; 144.
21. Дударев А. А., Крупкин Г.Я., Турубаров В.И., Бурцев С.И., Капцев В.В., Никитина В.Н., Дубейковская. Л.С., Маркова О.Л. Воздушная среда современных офисных помещений. Комплексный подход к гигиенической оценке и управлению качеством воздуха. *Медицина труда и промышленная экология*. 2004; (1): 37-40.

² Федеральный закон № 150 ФЗ «Об охране здоровья граждан от воздействия окружающего дыма и последствий потребления табака».

³ СП 44.1333.2011 «Административные и бытовые здания».

22. Квашнин И.М. *Промышленные выбросы в атмосферу. Инженерные расчеты и инвентаризация.* М.АВОК-РЕСС.2005; 13.

References

1. *Tobacco. Newsletter May 2015; WHO 339.* Electronic resource. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs339/ru/>
2. California Environmental Protection Agency: Air Resources (2005). Proposed Identification of Environmental Tobacco Smoke as a Toxic Air Contaminant. UC San Francisco, Surveys and Program Evaluations from Outside UCSF. <https://escholarship.org/uc/item/8hk6960q>
3. Counts M.E.; Morton M.J.; Laffoon S.W.; Cox R.H.; Lipowicz P.J. Smoke composition and predicting relationships for international commercial cigarettes smoked with three machine-smoking conditions. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 2005; 41: 185-227.
4. Caruso R.V.; O'Connor R.J.; Stephens W.E.; Cummings K.M.; Fong G.T. Toxic metal concentrations in cigarettes obtained from U.S. smokers in 2009: Results from the International Tobacco Control (ITC) United States survey cohort. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2014; 11: 202-17.
5. Bikkinina G.M. Problems of tobacco smoking as a modifiable risk factor for law enforcement officers. *Fundamental'nye issledovaniya.* 2011; 7: 27-30. (In Russian).
6. Smirnova M.A. Efficacy of giving up smoking with individual telephone counseling in patients with chronic obstructive pulmonary disease and pulmonary tuberculosis. *Klinicheskaya i eksperimental'naya meditsina.* 2017; 19(3): 40-4. (In Russian).
7. Maya I. Mitova, Pedro B. Campelos, Catherine G. Goujon-Ginglinger, Serge Maeder, Nicolas Mottier, Emmanuel G.R. Rouget, Manuel Tharin, Anthony R. Tricker. Comparison of the impact of the Tobacco Heating System 2.2 and a cigarette on indoor air quality. *Regulatory Toxicology and Pharmacology.* 2016; 80: 91-101.
8. Oberg M., Jaakkola M.S., Woodward A., Peruga A., Pruss-Ustun A. World-wide burden of disease from exposure to second-hand smoke: retrospective analysis of data from 192 countries. *The Lancet.* 2011; 377.9760: 139-146.
9. Global Adult Tobacco Survey (GATS): Russian Federation 2009. Country report: http://www.who.int/tobacco/surveillance/en_tfi_gats_russian_countryreport.Pdf/
10. Titova O.N., Kulikov V.D., Sukhovskaya O.A. Passive smoking and respiratory diseases. *Meditsinskii al'yans.* 2016; (3): 73-7. (In Russian).
11. Eisner M.D., Balmer J., Katz P.P., Trupin L., Yelin E.H., Blane P.D. Lifetime environmental tobacco smoke exposure and the risk of chronic obstructive pulmonary disease. *Environ Health.* 2005; 4.
12. California Environmental Protection Agency, 1997; US. Environmental Protection Agency, 1992; International Agency for Research on Cancer, 2004; US Department of Health and Human Services, 2006; United States Pharmacopeia, 2014.
13. Zubairova L.D., Zubairov D.M. Smoking as a risk factor for cardiovascular diseases. *Kazanskii meditsinskii zhurnal.* 2006; 87; 5: 369-73. (In Russian).
14. Jordan R.E., Cheng K.K., Miller M.R., Adab P. Passive smoking and chronic obstructive pulmonary disease: cross-sectional analysis of data the Health Survey for England. *BMJ Open.* 2011; 1- <http://bmjopen.bmj.com/content/1/2/e000153.full/>.
15. Krasnova Yu.N. Effect of tobacco smoke on respiratory system. *Sibirskii meditsinskii zhurnal.* 2015; (6): 11-5. (In Russian).
16. Pokhaznikova M.A., Kuznetsova O.Yu., Lebedev A.K. Prevalence of passive smoking and other risk factors for chronic obstructive pulmonary disease in St.-Petersburg. *Rossiiskii Semeinyi vrach.* 2015; 4: 21-8. (In Russian).
17. Kir'yanova M.N., Markova O.L., Ivanova E.V. Current issues of air quality in office premises. *Sbornik materialov "Vserossiiskoi NPK s mezhdunarodnym uchastiem "Profilakticheskaya meditsina".* 2017; 9-14. (In Russian).
18. Markova O.L., Ivanova E.V. Current decisions to improve air quality at the workplaces of electric welders. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2015; 2: 5-8. (In Russian).
19. Markova O.L., Ivanova E.V., Zaritskaya E.V. Search for solutions to minimize the risk to health in passive smoking. *Sbornik. Trudy XIII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem.* 2018; 13; 2: 882-91. (In Russian).
20. Brodach M.M., Brosema B., Naumov A.L., Pershin A.N. *Smoking areas. Design of ventilation systems.* Moscow: AVOK- PRESS, 2013; 144. (In Russian).
21. Dudarev A.A., Krupkin G.Ya., Turubarov V.I., Burtsev S.I., Kaptsev V.V., Nikitina V.N., Dubeikovskaya L.S., Markova O.L. Air environment of modern office facilities. An integrated approach to hygienic assessment and quality management of air. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2004; 1: 37-40. (In Russian).
22. Kвашнин И.М. *Industrial atmospheric emissions. Engineering calculations and inventory.* М.АВОК-РЕСС.2005; 13. (In Russian).