

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОДЕРЖАНИЯ NO, NO_x В АЭРОЗОЛЕ ТАБАКА НАГРЕВАЕМОГО И ЖИДКОСТИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ ДОСТАВКИ НИКОТИНА С КОНТРОЛЬНЫМ ОБРАЗЦОМ СИГАРЕТЫ 3R4F

Лушникова А.Ю., Панков Н.А., Гаврилина Н.В., канд. техн. наук

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», Российская Федерация, г. Краснодар

Аннотация. В работе представлены результаты анализа содержания оксида азота и суммы оксидов азота в газовой фазе аэрозоля, образующегося при нагревании табака в электрических системах нагревания и жидкости для электронных систем доставки никотина, а также приведено сравнение с содержанием этих веществ в дыме контрольной сигареты 3R4F. Установлено, что образование в аэрозоле изделий из табака нагреваемого NO и NO_x на 97% ниже по сравнению с их содержанием в дыме контрольных сигарет 3R4F.

Ключевые слова: оксиды азота, табак нагреваемый, никотинсодержащая продукция, аэрозоль, хемилюминесцентный газоанализатор.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE QUANTITATIVE CONTENT OF NO, NO_x IN THE AEROSOL OF HEATED TOBACCO AND LIQUID FOR ELECTRONIC NICOTINE DELIVERY SYSTEMS WITH A CONTROL SAMPLE OF 3R4F CIGARETTE

Lushnikova A.Yu., Pankov. N.A., Gavrilina N.V., PhD in Engineering

FSBSI All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products, Russian Federation, Krasnodar

Abstract. The work presents the results of the analysis of nitrogen oxide and total nitrogen oxides in the gas phase of the aerosol generated by heating tobacco in electric heating systems and electronic nicotine delivery systems, as well as a comparison with the levels of these substances in the smoke of the control cigarette 3R4F. It was found that the formation of NO and NO_x in the aerosol of heated tobacco is 97% lower compared to their levels in the smoke of control cigarettes 3R4F.

Keywords: nitrogen oxides, heated tobacco, nicotine containing products, aerosol, chemiluminescent gas analyzer.

В последнее десятилетие табачная промышленность акцентирует внимание на разработке инновационных продуктов, призванных вытеснить с рынка традиционные сигареты благодаря значительному снижению содержания потенциально опасных компонентов в аэрозоле. В рамках перехода от сигарет к инновационным изделиям был разработан новый тип продуктов, в которых табак нагревается, а не сжигается [1]. Инновационные изделия включают в себя электрические системы нагревания табака и электронные системы доставки никотина, которые позиционируются как альтернатива сигаретам. Поскольку эта продукция позиционируется как замена сигарет, важно провести количественную оценку содержания продуктов пиролиза, таких как оксид азота и сумма ок-

сидов азота в газовой фазе аэрозоля (ГФА), и сравнить их с сигаретным дымом, так как эти вещества служат маркерами горения и тления.

Анализ литературных источников показал, что изучению состава аэрозоля ЭСДН посвящены работы как зарубежных исследователей, так и отечественных. Особое внимание в работах уделено влиянию конструкции электронных устройств на количественное содержание никотина [2], изучен вопрос динамики перехода никотина из жидкости в аэрозоль [3], а также установлено отсутствие в ГФА ЭСДН одноразового типа СО [4]. Исследования по влиянию различных факторов на содержание оксида азота / суммы оксидов азота в газовой фазе аэрозоля изделий из табака нагреваемого представлены в работах [3,5].

Исследования оксида азота / суммы оксидов азота в аэрозоле электронных систем доставки никотина ранее не проводились.

Целью настоящего исследования являлся сравнительный анализ количественного содержания оксида азота / оксидов азота в аэрозоле табака нагреваемого, жидкости для электронной системы доставки никотина и дыме контрольной сигареты 3R4F.

Необходимо было выполнить следующие задачи:

- определить объекты для исследования;
- провести анализ литературных источников по уточнению характеристик сбора газовой фазы аэрозоля различной никотинсодержащей продукции (НСП) на лабораторной курительной машине линейного типа;
- провести сбор аэрозоля и определить содержание NO, NO_x;
- на основе полученных результатов провести анализ содержания оксидов азота в сравнении с контрольной сигаретой.

Объектами исследования являлись изделия из табака нагреваемого различных торговых наименований для электрических систем нагревания табака (ЭСНТ), жидкости для электронных систем доставки никотина (ЭСДН) одноразового типа как наиболее распространенные на рынке РФ. В качестве объекта сравнения использовалась контрольная сигарета 3R4F. Содержание оксидов азота в газовой фазе аэрозоля контрольной сигареты для сравнительного анализа были взяты из ранее опубликованных работ. При этом режим сбора аэрозоля контрольной сигареты соответствовал тому же режиму сбора аэрозоля табака нагреваемого.

Содержание оксидов азота в аэрозоле табака нагреваемого и жидкостей для ЭСДН проводили в условиях лаборатории химии и контроля качества ФГБНУ ВНИИТТИ с помощью лабораторной курительной машины Cerulean 450.

Полученные результаты по содержанию оксидов азота в газовой фазе аэрозоля различной никотинсодержащей продукции представлены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание оксидов азота (NO, NO_x) в газовой фазе аэрозоля изделий из табака нагреваемого для ЭСНТ, жидкостей для ЭСДН и контрольной сигареты 3R4F

Наименование устройств ЭСНТ, используемых совместно с изделиями табака нагреваемого, сигарет, жидкостей для ЭСДН	Кол-во затяж.	NO, мкг/100 см ³	SD	NO _x , мкг/100 см ³	SD
ЭСНТ					
IQOS	12	1,22	0,20	1,51	0,14
IQOS ILUMA	12	1,11	0,10	1,28	0,15
Glo	8	2,44	0,38	3,18	0,44
Lil Hybrid	10	2,10	0,10	2,45	0,10
Lil Solid	10	1,32	0,14	1,53	0,18
Ploom	10	0,60	0,05	0,70	0,05
NMATE MkI	9	2,42	0,16	2,91	0,12
LEME	9	1,31	0,10	1,36	0,11
Контрольный образец сигарет					
3R4F*	10	94,41	-	106,29	-
ЭСДН					
HQD CUVIE Plus	1200	0,01	0,01	0,02	0,01
SOAK	1500	0,02	0,01	0,02	0,01
HQD KING	2000	0,01	0,01	0,03	0,01
WOW GRANDE	2500	0,01	0,01	0,03	0,02
ATTACKER	3000	0,02	0,01	0,05	0,04

* Содержание оксидов азота в дыме контрольной сигареты взято из публикации зарубежных исследователей [6].

Анализ данных, приведенных в таблице 1, показал, что в аэрозоле изделий табака нагреваемого:

- содержание NO составляет 0,1 – 2,44 мкг/100 см³;
- содержание NO_x составляет 0,7 – 3,18 мкг/100см³.

В аэрозоле ЭСДН:

- содержание NO составляет 0,01 – 0,02 мкг/100 см³;
- содержание NO_x составляет 0,02 – 0,05 мкг/100см³.

Также в таблице приведены значения рассчитанного стандартного отклонения по изучаемым компонентам. Стандартное отклонение является величиной статистической обработки данных, характеризующей разброс результатов относительно среднего значения. Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что разброс полученных результатов определения содержания оксида азота / оксидов азота незначителен, что говорит о стабильности результатов.

Анализ данных по максимальному содержанию изучаемых компонентов показал (табл. 2), что содержание оксида азота (NO) в экспериментальных образцах в аэрозоле изделий с нагреваемым табаком – на 97-98 % ниже, чем в дыме контрольных сигарет 3R4F, а суммы оксидов азота (NOx) ниже на 96-98% соответственно.

Таблица 2

Максимальное содержание анализируемых компонентов в аэрозоле изделий из табака нагреваемого, жидкости для ЭСДН в сравнении с контрольным образцом 3R4F

Компоненты	IQOS	Glo	Lil solid	ЭСДН	Контр. сиг. 3R4F
NO, мкг/100 см ³	1,8	3,2	1,74	0,05	94,41
NOx, мкг/100 см ³	2,2	4,3	2,02	0,19	106,29

Далее, в таблице 3, представлено процентное отношение содержания оксидов азота в газовой фазе аэрозоля изделий из табака нагреваемого к предложенным в качестве индикатора отсутствия процессов горения/тления предельно-допустимым значениям.

Таблица 3

Процентное отношение содержания NO и NOx в газовой фазе аэрозоля к допустимым значениям

Образец / Компоненты	Норматив*, мкг/100 см ³	IQOS	% к нормативу*	Glo	% к нормативу*	Lil solid	% к нормативу*
NO, мкг/100 см ³	4,0	1,8	45,0	3,2	80,0	1,74	43,5
NOx, мкг/100 см ³	5,0	2,2	44,0	4,3	86,0	2,02	40,4

* - нормативные значения содержания оксида азота и суммы оксидов азота были предложены на основе результатов исследовательской работы по разработке методики определения этих компонентов в газовой фазе аэрозоля нагреваемого табака и закреплены в национальном стандарте [7]

Как видно из данных, приведенных в таблице 3, в образцах исследуемых марок табака нагреваемого содержание оксида азота не превышает нормируемого значения и составляет от 43,5% до 80%, предельно-допустимого значения

содержание суммы оксидов азота также не превышает норматив и составляет от 40,4 % до 86 % предельно-допустимого значения. В аэрозоле жидкостей для ЭСДН одноразового типа содержание NO – 1,3 %, NO_x – 3,8 %.

В связи с низким содержанием оксида азота и суммы оксидов азота в аэрозоле жидкостей для ЭСДН установление нормативов для этих веществ не представляется целесообразным.

Выводы

- получены экспериментальные данные по содержанию оксидов азота в аэрозоле табака нагреваемого (ЭСНТ) и жидкостях для электронных систем доставки никотина (ЭСДН);

- отмечено низкое содержание оксидов азота в газовой фазе ЭСНТ, ЭСДН не превышающее нормативного значения для NO – 4 мкг/100 см³, NO_x – 5 мкг/100 см³.

Анализ содержания оксидов азота в аэрозоле ЭСНТ и ЭСДН относительно дыма контрольной сигареты показал, что более низкий температурный нагрев ЭСНТ и ЭСДН по сравнению с температурой горения / тления табака в сигарете и отсутствие в составе (ЭСДН) наполнителя табака в виде табака приводит к значительному снижению этих компонентов в аэрозоле.

Установлено снижение содержания оксида азота и суммы оксидов азота в среднем на 97% в образцах табака нагреваемого по отношению к дыму контрольной сигареты 3R4F, а также впервые установлено снижение содержания этих компонентов более чем на 99 % в образцах электронных систем доставки никотина.

Таким образом, полученные результаты исследований подтверждают работоспособность разработанной методики определения оксидов азота в газовой фазе аэрозоля изделий из нагреваемого табака, что позволяет убедительно подтвердить отсутствие процессов горения и тления табака при идентификации инновационной никотинсодержащей продукции инструментальным методом.

Однако для полной оценки безопасности данных продуктов требуется дальнейшее независимое исследование с учетом более широкого спектра веществ, образующихся в аэрозоле ЭСНТ и ЭСДН.

Литература

1. Smith M.R., Clark B., Luedicke F. [et. al.]. Evaluation of the tobacco heating system 2.2. Part 1: description of the system and the scientific assessment program // Regul. Toxicol. Pharmacol. 2016. Vol. 81(S2). P. 17–26.

2. Гнучих Е.В., Шкидюк М.В., Миргородская А.Г. Исследования инновационной продукции – электронных систем доставки никотина // Вестник ВГУИТ. 2018. Т 80, №3. С. 265-271. DOI: 10.20914/2310-1202-2018-3-265-271.

3. Лушникова А.Ю., Медведева С.Н., Панков Н.А., Пережогина Т.А., Гнучих Е.В. Динамика перехода никотина из жидкости в аэрозоль ЭСДН // Известия вузов. Пищевая технология. 2023. № 4 (393). С. 141-144. DOI: 10.26297/0579-3009.2023.4.24.

4. Зайцева Т.А., Пережогина Т.А., Медведева С.Н., Кокорина Л.В. Исследование содержания никотина в аэрозоле ЭСДН различных конструкций // Новые технологии. 2021. 17(1). С. 33-45. DOI: 10.47370/2072-0920-2021-17-1-33-45.

5. Лушникова А.Ю. Влияние конструкции изделий из табака нагреваемого на содержание NO, NO_x в аэрозоле // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов. Сб. докладов VI Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 300-летию Российской академии наук (26-28 июня 2024 г., Курск). Курск: ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр», 2024. 693 с.

6. Counts M.E., Morton M.J., Laffoon S.W. [et. al.]. Smoke composition and predicting relationships for international commercial cigarettes smoked with three machine-smoking conditions // Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2005. Vol. 41. P. 185-227.

7. ГОСТ Р 57458-2017. Табак нагреваемый. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2017. 16 с.