

**Шкидюк М.В., Калашников С.В., Резниченко И.А.**  
**РЕЖИМЫ ГЕНЕРАЦИИ АЭРОЗОЛЯ**  
**НИКОТИНСОДЕРЖАЩЕЙ ПРОДУКЦИИ**

Шкидюк Марина Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории технологии производства табачных изделий

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», Россия

E-mail: tabak.technolog@rambler.ru

Калашников Сергей Владимирович, заместитель директора по производственной деятельности и внедрению НИР

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», Россия

E-mail: kalashnikovs-82@mail.ru

Резниченко Ирина Александровна, кандидат технических наук, руководитель службы АО «Тандер», Россия

E-mail: tabaki07@mail.ru

*Никотинсодержащая продукция (НСП) – инновационная продукция, содержащая никотин, включающая табак нагреваемый и жидкости для электронных систем доставки никотина. Потребление НСП с использованием систем доставки никотина (СДН) происходит путем вдыхания аэрозоля, образующегося в результате нагревания табака/табачного наполнителя или жидкости, содержащей никотин.*

*Позиционирование никотинсодержащей продукции как альтернативы традиционному курению, определяет необходимость изучения компонентного состава генерируемого аэрозоля. Количественное определение токсических компонентов никотинсодержащих продуктов и продуцируемого аэрозоля проводится во многих научных и производственных лабораториях. Проведен мониторинг мировых исследований, потенциально применимых для определения приоритетных токсичных компонентов в аэрозоле НСП. Разработка комплексной методологии пробоподготовки (генерация, сбор компонентов аэрозоля) и инструментального определения токсических соединений аэрозоля НСП – актуальная задача с точки зрения оценки рисков продукта.*

*В статье представлены результаты исследований, проведенных в лаборатории технологии производства табачных изделий ФГБНУ ВНИИТТИ, по выбору режимов генерации аэрозоля для тестирования НСП различных конструкций на курительной машине Cerulean SM 405.*

*В результате исследований разработана методика машинной генерации аэрозоля для дальнейшего определения уровня токсичности НСП по содержанию карбонильных соединений и нитрозоаминов.*

**Ключевые слова:** *никотинсодержащая продукция, система доставки никотина, табак нагреваемый, жидкость для электронных систем доставки никотина, картридж, аэрозоль, токсичность.*



**Для цитирования:** Шкидюк М.В., Калашников С.В., Резниченко И.А. Режимы генерации аэрозоля никотинсодержащей продукции // Новые технологии. 2020. Вып. 2(52). С. 89-96. DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10209.

**Shkidyuk M.V., Kalashnikov S.V., Reznichenko I.A.**

**AEROSOL GENERATION MODES FOR NICOTINE-CONTAINING PRODUCTS**

Shkidyuk Marina Vladimirovna, a senior researcher at the Laboratory of Tobacco Production Technology

Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products», Russia

E-mail: tabak.technolog@rambler.ru

Kalashnikov Sergey Vladimirovich, Deputy Director for Production Activities and Research Implementation

Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products», Russia

E-mail: kalashnikovs-82@mail.ru

Reznichenko Irina Alexandrovna, Candidate of Technical Sciences, head of «Tander» JSC, Russia

E-mail: tabaki07@mail.ru

*Nicotine-containing products (NCP) are innovative products containing nicotine, including heated tobacco and liquids for electronic nicotine delivery systems. NCP consumption using nicotine delivery systems (NDS) occurs by inhaling the aerosol generated by heating tobacco/tobacco filler or nicotine-containing liquids.*

*Considering nicotine-containing products as an alternative to traditional smoking determines the need to study the component composition of the generated aerosol. The quantitative determination of the toxic components of nicotine-containing products and the aerosol produced is carried out in many scientific and production laboratories. The monitoring of world studies that are potentially applicable to determine the priority toxic components in the NCP aerosol.*

*The development of an integrated methodology for sample preparation (generation, collection of aerosol components) and instrumental determination of toxic compounds of NCP aerosol is an urgent task in terms of assessing product risks.*

*The article presents the results of studies conducted in the Laboratory of the technology for tobacco production of the FSBSI RSRITTI on the choice of aerosol generation modes for testing NCPs of various designs on a Cerulean SM 405 smoking machine.*

*As a result of the research, a technique has been developed for machine generation of aerosol to determine the toxicity level of NCPs based on the content of carbonyl compounds and nitrosoamines.*

**Key words:** *nicotine-containing products, nicotine delivery system, heated tobacco, liquid for electronic nicotine delivery systems, cartridge, aerosol, toxicity.*

**For citation:** Shkidyuk M.V., Kalashnikov S.V., Reznichenko I.A. Aerosol generation modes for nicotine-containing products // Novye Tehnologii. 2020. Issue 2(52). P. 89-96. DOI: 10.24411/2072-0920-2020-10209.

Токсикологическую нагрузку несут все формы потребления табачных и никотинсодержащих продуктов. При снижении потребления сигарет, в последние годы, увеличиваются темпы продаж никотинсодержащих продуктов. По заявлению производителей, никотинсодержащие продукты имеют потенциально меньший риск для здоровья.

В официальном пресс-релизе ВОЗ (26 July 2019) приводятся ключевые тезисы доклада «WHO launches new report on the global tobacco epidemic»: «при помощи научных данных не удалось полностью подтвердить роль электронных сигарет как средства, способствующего отказу от табака» [1].

Поэтому, разработка методов определения токсических соединений аэрозоля НСП – актуальная задача с точки зрения оценки рисков продукта.

На международном уровне (организация CORESTA, ИСО/ТК 126) проводится работа по созданию методов контроля качества НСП [2].

Нормативно-правовая база исследования НСП:

1. ТР ТС «Технический регламент на табачную продукцию» [3];

2. ГОСТ Р 57458-2017 «Табак нагреваемый. Общие технические условия» [4];

3. ГОСТ Р 58109-2018 «Жидкости для электронных систем доставки никотина. Общие технические условия» [5].

Общая цель исследований НСП заключается в разработке аналитической методологии комплексной оценки. Алгоритм исследований:

- мониторинг мировых исследований, потенциально применимых для определения приоритетных токсичных компонентов в аэрозоле НСП;

- разработка методики сбора аэрозоля для количественного определения токсических компонентов: карбонильных соединений и табачных специфичных нитрозоаминов;

- валидация методик инструментального анализа исследуемых токсических аналитов методом ВЭЖХ МС/МС.

Задачи исследований этапа:

- анализ режимов тестирования НСП различной конструкции;

- выбор оптимального метода генерации аэрозоля НСП на лабораторной курительной машине CERULEAN SM 405.

Объектами исследований служили образцы НСП: *табак нагреваемый и жидкости для СДН*.

Для проведения исследований этапа применялось лабораторное оборудование: пятиканальная линейная курительная машина CERULEAN SM 405.

### **Результаты исследований**

Потребление никотинсодержащей продукции происходит путем вдыхания аэрозоля, образующегося в результате нагревания табака или жидкости, содержащей никотин [2]. Отсутствие процесса горения или тления табака при потреблении НСП, устанавливается по содержанию монооксида углерода в газовой фазе табачного дыма/пара (не более 0,3 мг на 100 см<sup>3</sup>) [4].

Для исследований использовали:

- *Табак нагреваемый* – изделие, состоящее из табачного сырья с добавлением или без добавления ингредиентов, предназначенное для потребления исключительно с устройством для

нагревания путем вдыхания табачного пара, образующегося при его нагревании без горения и тления [4];

- *Жидкость для ЭСДН* – раствор, предназначенный для использования в ЭСДН (жидкость или гель), который преобразуется в аэрозоль, вдыхаемый потребителем [5].

Объекты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Объекты исследования

	Торговая марка	Конструкция	Жидкость/картридж/стик
СДН	LUXLITE	одноразовые	American Blend Full American Blend Light
	iKuu i200	с перезаряжаемой емкостью	Tobacco Tabakum extra
	VON ERL Mu	со сменным картриджем	Turbo Kuurada
ЭСНТ	Glo	электрические	Kent Neosticks
	IQOS 2.4P	электрические	HEETS Amber Label

Проведен анализ имеющейся в открытом доступе патентной и научно-технической литературы по вопросам пробоподготовки для количественного анализа компонентного состава аэрозоля НСП. Мониторинг показал, что применяются различные подходы при генерации аэрозоля НСП и традиционных сигарет, для которых разработаны стандартные протоколы тестирования.

Первый этап пробоподготовки для определения токсических компонентов НСП – продуцирование дыма/аэрозоля. Режим генерирования аэрозоля (объем затяжки, время и профиль затяжки, пауза между затяжками) определяет его состав.

Изучение процесса генерации аэрозоля НСП показывает, что, по сравнению с традиционными сигаретами, электронные сигареты требуют более высокой скорости воздушного потока и большей длительности затяжки (1,9-8,3 с) [6]. Результаты, полученные Hua M., согласуются с исследованиями Farsalinos K., в которых определена затяжка –  $4,2 \pm 0,7$  с [7].

Генерация аэрозоля зависит от физических характеристик СДН, а также от бренда и даже от продукта в пределах определенного бренда. Доказательством этого являются исследования Trtchunian A., которые показывают, что общее количество затяжек составляет от  $30 \pm 3$  для одной марки и до  $313 \pm 115$  для другой марки одного бренда соответственно [8]. Относительно высокое значение стандартного отклонения (SD) указывает на большую разнородность дисперсии продукта в рамках одного бренда [8].

Для выбора режима тестирования НСП, при усложнении требований к методологии проведения анализа, были проанализированы следующие режимы прокуривания: ISO 20778:2018 [9], ISO 3308:2015 [10], ISO 20768:2018 [11].

Тестирование исследуемых никотинсодержащих продуктов проводилось на пятиканальной лабораторной курительной машине линейного типа Cerulean SM 405 при скорости воздуха в зоне прокуривания  $200 \pm 50$  мм/с и горизонтальном расположении СДН.

На рисунке 1 представлено подключение СДН VON ERL Mu и iKuu i200 для генерации аэрозоля при тестировании на курительной машине CERULEAN SM 405.



**Рис. 1.** Генерация аэрозоля жидкостями для СДН

При тестировании жидкости для СДН iKuu i200 с перезаряжаемым баком, возможен выбор эксплуатационных характеристик устройства, включая мощность. Исследования проводились при максимальной мощности (200 Вт) и закрытом кольце регулировки вентиляции, что приводит к максимальному выходу токсических компонентов в аэрозоль.

При тестировании жидкости для СДН проводился исчерпывающий сбор аэрозоля:

- СДН LUXLITE – до 250 затяжек/устройство
- СДН VON ERL Му – до 300 затяжек/картридж
- СДН iKuu i200 – до 70 затяжек/ заправка бака

Завершение процесса продуцирования аэрозоля жидкостями для СДН происходит либо при испарении жидкости, либо при окончании зарядки батареи и определяется по контролю потери массы изделия.

Установлены факторы, влияющие на генерацию аэрозоля НСП: физические характеристики и продолжительность активации нагревательного элемента СДН.

В результате исследований, определены оптимальные режимы машинной генерации аэрозоля различных видов НСП (таблица 2).

Разработаны рекомендации по тестированию никотинсодержащей продукции на курительной машине CERULEAN SM 405 [12]:

- для жидкости для СДН целесообразно применение ISO 20768:2018 [11];
- для стиков (табак нагреваемый) ЭСНТ применим ISO 20778:2018 [9].

Оптимальные режимы генерации НСП позволяют получить, при проведении дальнейших исследований, достоверные данные о количественном составе аэрозоля и, соответственно, дают возможность токсической оценки продукта.

Таблица 2 - Режимы тестирования НСП

Объект анализа	Параметры тестирования				
	объем затяжки, мл	продолжительность затяжки, сек	пауза между затяжками, сек	блокировка вентиляции	профиль затяжки
Жидкости для СДН	ISO 20768:2018				
	55±0,3	3±0,05	30±0,5	-	прямо-

					угольный
Табак	ISO 20778:2018				
нагреваемый	55±0,5	2±0,05	30±0,5	100	колокол

### ВЫВОДЫ

1. Анализ научных публикаций выявил разнообразие методов и методик, потенциально применимых для определения приоритетных токсичных компонентов аэрозоля по списку ВОЗ.

2. Проведен анализ существующих режимов тестирования НСП.

3. Разработаны рекомендации по тестированию никотинсодержащей продукции на лабораторной курительной машине CERULEAN SM 405.

Дальнейшие исследования ФГБНУ ВНИИТТИ будут направлены на определение токсических компонентов аэрозоля, генерируемого жидкостью для СДН и табаком нагреваемым.

### *Литература:*

1. World Health Organization. Who launches new report on the global tobacco epidemic. URL: <https://www.who.int/news-room/detail/26-07-2019-who-launches-new-report-on-the-global-tobacco-epidemic> (дата обращения 20.01.2020).

2. Современные методы контроля никотиносодержащих продуктов / Гнучих Е.В. [и др.] // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 8, №2. С. 101-108.

3. Технический регламент на табачную продукцию: технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 035/2014) [Электронный ресурс]. URL: <http://standartgost.ru/gTP>

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

5. ГОСТ Р 58109-2018. Жидкости для ЭСДН. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2018. 15 с.

6. Hua M., Yip H., Talbot P. Mining data on usage of electronic nicotine delivery systems (ENDS) from YouTube videos // Tobacco Control. 2013. Vol. 22. P. 103-106.

7. Farsalinos K.E., Voudris V., Poulos K. E-cigarettes generate high levels of aldehydes only in 'dry puff' conditions // Addiction. 2015. Vol. 110. Iss. 8. P. 1352-1356.

8. Trtchounian A., Williams M, Talbot P. Conventional and electronic cigarettes (e-cigarettes) have different smoking characteristics // Nicotine & Tobacco Research. 2010. Vol. 12. Iss. 9. P. 905-912.

9. ISO 20778:2018. Cigarettes – Routine analytical cigarette smoking machine – Definitions and standard conditions with an intense smoking regime.

10. ГОСТ ISO 3308-2015. Машина обычная лабораторная для прокуривания сигарет (курительная машина). Определения и стандартные условия.

11. ISO 20768:2018. Vapour products – Routine analytical vaping machine – Definitions and standard conditions.

12. 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.

### *Literature:*

1. World Health Organization. Who launches new report on the global tobacco epidemic. URL: <https://www.who.int/news-room/detail/26-07-2019-who-launches-new-report-on-the-global-tobacco-epidemic> (accessed 20.01.2020).
2. Modern methods of control of nicotine-containing products / Gnuchikh E.V. [et al.] // Bulletin of VSUIT. 2019. Vol. 8, No. 2. P. 101-108.
3. Technical regulations for tobacco products: technical regulations of the Customs Union (CU TR 035/2014) [Electronic resource]. URL: <http://standartgost.ru/gTP>
4. GOST R 57458-2017. Heated tobacco. General specifications. M.: Standartinform, 2017. 16 p.
5. GOST R 58109-2018. Fluids for ENDS. General specifications. M.: Standartinform, 2018. 15 p.
6. Hua M., Yip H., Talbot P. Mining data on usage of electronic nicotine delivery systems (ENDS) from YouTube videos // Tobacco Control. 2013. Vol. 22. P. 103-106.
7. Farsalinos K.E., Voudris V., Poulos K. E-cigarettes generate high levels of aldehydes only in 'dry puff' conditions // Addiction. 2015. Vol. 110, Iss. 8. P. 1352-1356.
8. Trtchounian A., Williams M., Talbot P. Conventional and electronic cigarettes (e-cigarettes) have different smoking characteristics // Nicotine & Tobacco Research. 2010. Vol. 12, Iss. 9. P. 905-912.
9. ISO 20778: 2018. Cigarettes – Routine analytical cigarette smoking machine – Definitions and standard conditions with an intense smoking regime.
10. GOST ISO 3308-2015. Ordinary laboratory machine for smoking cigarettes (smoking machine). Definitions and standard conditions.
11. ISO 20768: 2018. Vapor products – Routine analytical vaping machine – Definitions and standard conditions.
12. Gnuchikh E.V., Shkidyuk M.V., Mirgorodskaya A.G. Research of innovative products – electronic nicotine delivery systems // Bulletin of the Voronezh State University. 2018. V. 80, No. 3. P. 265-271.