

УДК 663.97

ББК 36.98

М 38

*Дурунча Надежда Александровна, старший научный сотрудник лаборатории химии и контроля качества Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», тел.: 8(861)252-16-12, e-mail: [isc.tabak@mail.ru](mailto:isc.tabak@mail.ru);*

*Остапченко Инна Михайловна, старший научный сотрудник лаборатории химии и контроля качества Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», тел.: 8(861)252-16-12, e-mail: [isc.tabak@mail.ru](mailto:isc.tabak@mail.ru);*

*Попова Наталья Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории химии и контроля качества Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», тел.: 8(861)252-16-12, e-mail: [isc.tabak@mail.ru](mailto:isc.tabak@mail.ru);*

*Покровская Татьяна Ильинична, научный сотрудник лаборатории химии и контроля качества Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», тел.: 8(861)252-16-12, e-mail: [isc.tabak@mail.ru](mailto:isc.tabak@mail.ru).*

## **МЕХАНИЗМЫ ФИЛЬТРАЦИИ ТАБАЧНОГО ДЫМА В СИГАРЕТАХ С ВЕНТИЛИРУЕМЫМ ФИЛЬТРОМ**

(рецензирована)

*Для выполнения требований Технического регламента Таможенного союза на табачную продукцию (ТР/ТС 035/2014) к табачной продукции по содержанию смолы, никотина, монооксида углерода в табачном дыме изучаются и разрабатываются способы снижения концентрации никотина и вредных веществ в табачном дыме.*

*Ключевые слова:* сигареты, фильтры, ободковая бумага, сигаретная бумага, табачный дым, фильтрация, вентиляция, никотин, смола, монооксид углерода.

*Duruncha Nadezhda Alexandrovna, a senior researcher of the Laboratory of Chemistry and Quality Control of FSBSI "All-Russian Research Institute for tobacco and tobacco products", tel.: 8 (861) 252-16-12, e-mail: [isc.tabak@mail.ru](mailto:isc.tabak@mail.ru);*

*Ostapchenko Inna Mikhailovna, a senior researcher of the Laboratory of Chemistry and Quality Control of FSBSI "All-Russian Research Institute for tobacco and tobacco products", tel.: 8 (861) 252-16-12, e-mail: [isc.tabak@mail.ru](mailto:isc.tabak@mail.ru);*

*Popova Natalia Vladimirovna, a senior researcher of the Laboratory of Chemistry and Quality Control of FSBSI "All-Russian Research Institute for tobacco and tobacco products", tel.: 8 (861) 252-16-12, e-mail: [isc.tabak@mail.ru](mailto:isc.tabak@mail.ru);*

*Pokrovskaya Tatyana Ilinichna, a researcher of the Laboratory of Chemistry and Quality Control of FSBSI "All-Russian Research Institute for tobacco and tobacco products", tel.: 8 (861) 252-16-12, e-mail: [isc.tabak@mail.ru](mailto:isc.tabak@mail.ru).*

## **TOBACCO SMOKE FILTERING MECHANISMS IN CIGARETTES WITH A VENTILATED FILTER**

(Reviewed)

*To meet the requirements of the Customs Union Technical Regulations on Tobacco Products (TP / TC 035/2014) for tobacco products on the content of tar, nicotine, and carbon monoxide in tobacco smoke*

ways to reduce the concentration of nicotine and harmful substances in tobacco smoke are studied and developed.

**Keywords:** cigarettes, filters, tipping paper, cigarette paper, cigarette smoke, filtration, ventilation, nicotine, tar, carbon monoxide.

Основными способами снижения концентрации вредных веществ в табачном дыме являются фильтрация и разбавление основной струи табачного дыма.

Фильтрация – это осаждение твердо-жидкой фазы табачного дыма на волокнах фильтрующего мундштука.

Удерживающая способность фильтра по отношению к различным компонентам дыма различна и зависит от природы компонента и вида фильтрующего материала. Повышение удерживающей способности фильтров ведет к снижению, как вредных компонентов дыма, так и повышению сопротивления затяжке. Сопротивление затяжке определяет комфортность курения. Высокое сопротивление затяжке негативно влияет на потребительские свойства продукции (в частности на такой показатель, как усилие для затяжки).

Вентиляция – поступление воздуха в основную струю табачного дыма с целью снижения концентрации вредных веществ.

Степень вентиляции – это отношение потока вентилярованного воздуха к общему потоку воздуха, выходящего через конец сигареты, находящийся во рту, измеренное при одних и тех же давлении, температуре и гигрометрических условиях и выраженное в процентах.

Суммарные составляющие общей вентиляции сигарет:

- вентиляция фильтра – воздух, поступающий в сигарету через перфорацию в ободковой бумаге, покрывающей фильтр;
- вентиляция штранга – воздух, поступающий в сигарету через сигаретную бумагу, покрывающую весь табачный штранг;

Степень вентиляции вычисляют как отношение индивидуальных составляющих вентиляции к общему потоку воздуха, выходящего из сигареты.

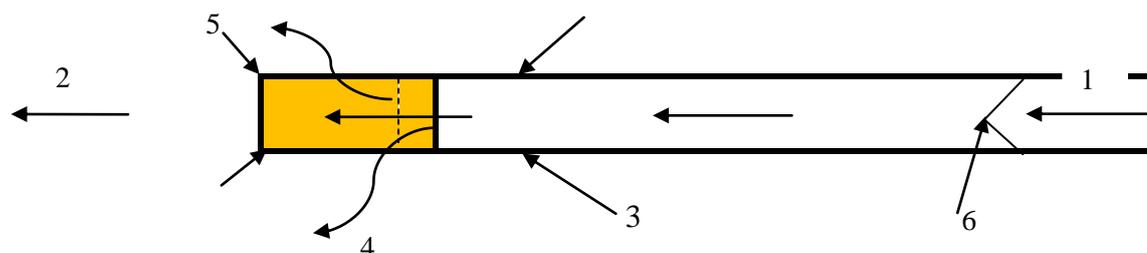
В процессе курения сигареты имеют место два разных типа горения – вспышка при затяжке и тление в паузе между затяжками.

Во время затяжки воздух протягивается в сигарету через зону горения (уголь) и образуется главная струя дыма. В интервале между затяжками воздух движется вокруг зоны горения (угля) вверх и в результате получается боковая струя дыма.

Обе струи состоят из твердо-жидкой фазы и паровой фазы.

Твердо-жидкая фаза (влажный конденсат) видима и может быть выделена физической фильтрацией. Основными компонентами твердо-жидкой фазы являются смола, никотин и вода.

Паровая фаза состоит из газов, воздуха и газообразных продуктов сгорания табака. На рисунке 1 представлен механизм образования главной струи табачного дыма при курении.



**Рисунок 1.** Схема образования главной струи табачного дыма:

- 1 - Входящий поток воздуха при затяжке.
- 2 - Выходящий поток, главная струя табачного дыма.
- 3 - Приток воздуха через пористую сигаретную бумагу.

- 4 - Диффузия табачного дыма через пористую сигаретную бумагу.
- 5 - Разбавление струи дыма через вентиляционные отверстия фильтра.
- 6 - Конус горения.

При движении частиц в главной струе дыма к курильщику, некоторые частицы удерживаются табаком, но большая часть твердо-жидкой фазы задерживается в фильтре.

При движении газообразных продуктов сгорания через сигаретный штранг (табачный жгут, обернутый сигаретной бумагой), их соотношение непрерывно меняется, так как они диффундируют из штранга, а газы воздуха диффундируют в штранг.

Процесс диффузии газов в систему и из системы ускоряется вентиляцией через пористую сигаретную бумагу. Основное разбавление табачного дыма воздухом обеспечивается вентиляцией через перфорированный фильтр.

Способность вентилируемого фильтра изменять химический состав табачного дыма, снижая содержание многих компонентов, обуславливается его строением и механизмами фильтрации, которые участвуют в этих процессах. У сигареты с вентилируемым фильтром за счет подсоса воздуха через перфорационные отверстия доля объема воздуха, проходящего через зону горения, в общем объеме затяжки снижается пропорционально степени вентиляции фильтра, в результате изменяется как количество образующихся веществ, так и их состав.

Вентилируемый фильтр рассматривают как состоящий из двух частей: входная часть фильтра – от табака до зоны перфорации и выходная часть – от зоны перфорации до конца фильтра. Механизмы фильтрации, и ее эффективность у этих частей фильтра различны.

Сущность процесса фильтрации состоит в удалении аэрозольных частиц из потока дыма в результате их столкновения с волокнами фильтра. Экспериментально нашли подтверждение три основных механизма фильтрации дыма – прямой перехват, диффузионное осаждение и инерционное столкновение. С ростом степени вентиляции фильтра возрастает роль таких механизмов фильтрации как диффузионное осаждение и прямой перехват, что способствует уменьшению количества смолы и никотина в главной струе дыма.

Диффузионное осаждение – механизм фильтрации, который является следствием хаотичного движения частиц дыма, ведущего к их столкновению с волокнами фильтра. Этот механизм эффективен для мелких частиц дыма и преобладает при низких скоростях, так как при этом время нахождения частиц в фильтре возрастает и увеличивается вероятность их столкновения с волокнами. Доля диффузионного осаждения в общей фильтрации дыма составляет около 65%. Рост удерживающей способности входной части вентилируемого фильтра происходит за счет снижения скорости потока дыма через этот участок фильтра, и фильтрация дыма происходит, в значительной степени, за счет диффузионного осаждения.

Удерживающая способность выходной части фильтра не изменяется, поскольку скорость потока дыма на этом участке фильтра остается постоянной, и, вследствие этого, интенсивнее работает такой механизм фильтрации, как прямой перехват. Он эффективен для частиц крупного размера, а доля его в общей фильтрации табачного дыма составляет 30-35 %. Механизм прямого перехвата заключается в том, что частица, находящаяся в потоке дыма, проходит так близко от волокна, что касается его и происходит ее удержание. Эффективность этого механизма фильтрации зависит от размера частиц и не зависит от скорости потока дыма.

Цель исследования – изучение способности вентилируемого фильтра снижать содержание никотина и смолы в табачном дыме.

Объектом исследования служили сигареты с различной степенью вентиляции фильтра, а также некоторые ассортиментные линейки марок сигарет.

Способность вентилируемого фильтра удерживать твердожидкую фазу дыма в большей степени по сравнению с невентилируемым фильтром [1] демонстрируют экспериментальные данные, полученные при прокуривании сигарет с открытой и закрытой перфорацией (таблица 1).

**Таблица 1** - Влияние перфорации фильтра на содержание токсичных компонентов табачного дыма

Степень вентиляции фильтра, %	Никотин, мг/сиг		Смола, мг/сиг	
	открытая перфорация	закрытая перфорация	открытая перфорация	закрытая перфорация
7	0,78	0,78	10,22	10,97
15	0,90	0,91	13,42	14,35
16	0,55	0,57	10,42	10,71
21	0,65	0,66	9,04	9,42
28	0,44	0,48	8,28	10,58
31	0,64	0,70	7,44	9,15
36	0,62	0,85	8,66	12,36
38	0,72	0,82	6,60	9,45
53	0,62	0,81	5,32	9,70
53	0,54	0,85	4,90	10,49
57	0,33	0,62	4,01	8,61
60	0,35	0,82	3,95	9,94
60	0,46	0,76	4,09	10,13
74	0,14	0,62	1,18	7,41
77	0,15	0,58	0,93	6,78

Анализ результатов проведенного исследования (таблица 1) показывает, что с ростом степени вентиляции фильтра в сигаретах с открытыми перфорационными отверстиями происходит снижение содержания смолы и никотина в табачном дыме. Причем, чем выше степень вентиляции фильтра, тем значительнее разница между содержанием никотина и смолы в сигаретах с открытой и закрытой перфорацией соответственно. Однако удерживание никотина вентилируемым фильтром происходит в меньшей степени, чем смолы. Это объясняется не только иными процессами образования дыма, но и увеличением степени вымывания полуволетучих веществ из входного сегмента фильтра, зависящей от скорости потока дыма.

Использование процессов фильтрации в сочетании с вентиляцией позволяет создавать сигареты с различным содержанием никотина, смолы и монооксида углерода (СО) в дыме. Наглядным примером такого сочетания является создание ассортиментной линейки марок сигарет, имеющих одинаковый химический состав табачной мешки (содержание никотина, сахаров, белков и хлора), одинаковые физические параметры (масса табака нетто, диаметр сигарет, плотность табачного жгута) и конструктивные особенности (длина фильтра, материал фильтра, удерживающая способность фильтра, длина ободковой бумаги), но различную степень вентиляции фильтра.

В таблице 2 представлены результаты исследования некоторых ассортиментных линеек марок сигарет. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что изменение степени вентиляции фильтра (при всех прочих равных условиях) позволяет эффективно создавать марки сигарет, которые имеют преимущество вкусовых и/или ароматических характеристик, но различный уровень токсических веществ табачного дыма.

Необходимо отметить, что с повышением степени вентиляции фильтра сигареты несколько увеличивается количество затяжек, так как при этом уменьшается количество воздуха, проходящего через зону горения, и длина штранга, сгорающего во время затяжки, уменьшается. Снижение

содержания газообразных веществ (монооксида углерода, двуоксида углерода и др.) с повышением степени вентиляции, помимо влияния самого эффекта вентиляции, происходит из-за снижения скорости потока дыма, поскольку увеличивается время пребывания дыма в сигарете, что способствует дополнительной диффузии газов через сигаретную бумагу [2, 3].

Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Поскольку обычные фильтры не удерживают компоненты газовой фазы дыма, и уменьшение количества твердожидкой фазы тесно связано со степенью вентиляции, важным дополнением к процессу и механизмам фильтрации табачного дыма является вентиляция фильтра. Поэтому вентилируемый фильтр – важная составляющая в комплексе средств, снижающих выход, как твердожидкой фазы, так и газообразных компонентов табачного дыма.

2. С ростом степени вентиляции фильтра снижается содержание смолы, никотина и монооксида углерода в табачном дыме, причем удержание никотина вентилируемым фильтром происходит в меньшей степени, чем смолы. Использование вентилируемых фильтров обеспечивает реальную возможность производства сигарет с низким содержанием смолы и никотина в дыме, которые пользуются растущей популярностью среди всех категорий курильщиков.

**Таблица 2** - Влияние степени вентиляции фильтра на содержание никотина, смолы и монооксида углерода в табачном дыме сигарет

Марка изделия (ассортиментная линейка)	Степень вентиляции, %	Никотин, мг/сиг	Смола, мг/сиг	СО, мг/сиг	Защипки, шт.	Длина сигареты, мм	Длина фильтра, мм	Диаметр, мм	Никотин в мешке, %
Kent Nanotek 2.0	44	0,59	6,86	5,19	5,2	83	27	5,41	1,8
	63	0,46	4,41	3,61	5,5	83	27	5,41	1,8
	83	0,18	1,23	0,64	5,7	83	27	5,43	1,8
Pall Mall Nanokings	40	0,55	6,43	5,74	4,9	83	27	5,41	1,7
	67	0,42	4,18	3,44	5,9	83	27	5,44	1,7
	83	0,21	1,30	0,99	6,1	83	27	5,39	1,7
Vogue	51	0,78	7,49	4,68	7,2	99	30	5,43	2,0
	65	0,62	5,21	4,63	7,2	99	30	5,43	2,0
	75	0,46	3,96	2,88	7,3	99	30	5,42	1,9
	86	0,21	1,36	0,81	7,6	99	30	5,44	1,9
Bond Street	10	0,75	10,49	9,20	6,4	83	27	7,81	1,5
	26	0,58	8,49	7,03	6,6	83	27	7,82	1,5
	55	0,37	4,20	4,04	6,7	83	27	7,81	1,6
Winston	16	0,83	9,98	10,18	5,6	84	27	7,81	1,6
	42	0,54	5,91	6,9	5,7	84	27	7,81	1,7
	56	0,40	4,14	4,66	6,0	84	27	7,80	1,7
Parliament	36	0,59	7,7	8,13	6,3	83	27	7,86	1,5
	57	0,38	4,34	5,37	6,9	83	27	7,88	1,4
	77	0,10	1,28	1,31	7,2	83	27	7,84	1,5

*Литература:*

1. Влияние степени вентиляции фильтра на токсичные компоненты табачного дыма сигарет / Н.А. Дурунча [и др.] // Наука и Мир. 2016. №6(34). С. 28-30.

2. Результаты исследований современных табачных изделий по показателям безопасности и качества / Н.А. Дурунча Т.А. [и др.] // Естественные и технические науки. 2014. №3. С. 183-187.

3. Duruncha N.A., Ostapchenko I.M., Popova N.V. Quality indicators of slim and super slim cigarettes // Science, Technology and Higher Education: materials of the V International research and practice conference (June 20, 2014, Westwood). Westwood-Canada, 2014. P. 437-441.