

УДК 614.84

bezzaponnay@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕРМООКСИЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ
ТАБАКА МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА****RESEARCH OF THE PROCESSES OF THERMAL OXIDATIVE TESTING
OF TOBACCO BY THE METHOD OF THERMAL ANALYSIS**

*Беззапонная О. В., кандидат технических наук, доцент,
Глухих П. А., Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург*

*Bezzaponnaya O. V., Gluhih P. A.,
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

Рассмотрены физико-химические закономерности процессов термоокислительной деструкции табака различных марок сигарет методом термического анализа для анализа процесса тления и оценки их пожарной опасности. Установлено, что термолиз табака протекает в три стадии: потеря влаги, тление, горение. Наибольшая скорость потери массы наблюдается на второй стадии. Тепловой экзотермический эффект стадии горения превышает тепловой эффект стадии тления. Определение суммарного теплового эффекта термолиза табака различных марок сигарет и интенсивности выделения тепла на различных стадиях их термолиза позволило оценить пожарную опасность анализируемых табачных изделий.

Ключевые слова: термоокислительная деструкция табака, термический метод анализа, тление, тепловой эффект, интенсивность выделения тепла.

The physicochemical regularities of the processes of thermal oxidative degradation of tobacco of various brands of cigarettes by thermal analysis to analyze the smoldering process and assess their fire hazard are considered. It has been established that tobacco thermolysis proceeds in three stages: moisture loss, decay, burning. The highest rate of weight loss is observed in the second stage. The thermal exothermic effect of the combustion stage exceeds the thermal effect of the smoldering stage. Determination of the total thermal effect of thermolysis of tobacco of various brands of cigarettes and the intensity of heat generation at various stages of their thermolysis allowed us to assess the fire hazard of the analyzed tobacco products.

Keywords: thermo-oxidative destruction of tobacco, thermal analysis method, decay, thermal effect, heat emission rate.

Введение

Анализ статистических данных о пожарах [1] свидетельствует о том, что одним из самых распространённых тепловых источников возникновения пожаров являются тлеющие табачные изделия. Известно, что процесс тления веществ и материалов растительного происхождения различного химического состава сопровождается образованием продуктов неполного их

окисления, способных к дальнейшему пламенному горению [1].

Табачные изделия представляют собой пористые, мелкодисперсные вещества, образующие при сгорании твёрдый углистый остаток и склонные к самоподдерживающемуся тлению. Склонность к тлеющему горению является важной характеристикой горючих веществ и материалов, которую следует рассматривать при

определении очага возгорания и отработке ряда версий о причине пожара.

В ряде работ [1–5] представлены результаты анализа причин возникновения и условий протекания процессов зарождения и образования очагов тления в материалах растительного происхождения, в частности табака, однако исследования физико-химических закономерностей протекания процесса тления табака и дальнейшего пламенного горения выделяющихся горючих газов практически не проводились. В связи с этим подобные исследования актуальны для анализа протекающих процессов и оценки пожарной опасности исследуемых материалов.

Метод термического анализа позволяет выявить склонность к тлению реактопластов, к которым относится табак, а также определить экзотермический эффект процесса

тления и дальнейшего пламенного горения образующихся газов, что позволяет судить о пожарной опасности исследуемых материалов.

Результаты исследований и их обсуждение

Исследования образцов табака марок Winston различной упаковки и «Пётр I» проводили методами термического анализа на приборе Netzsch STA 449 F5 Jupiter в среде воздуха в интервале температур $20 \div 700$ °С при скорости нагрева 20 °С/мин, в корундовых тиглях. При проведении испытаний фиксировались следующие термоаналитические зависимости: термогравиметрическая (ТГ) кривая; кривая дифференциальной термогравиметрии (ДТГ); кривая дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Условия проведения испытаний образцов табака приведены в таблице 1.

Таблица 1
Условия проведения испытаний

Условия испытаний	Используемый метод (модуль)	
	ТГ	ДСК
Термопара (материал)	S типа (Pt/PtRh)	
Тигель (материал, объем)	Al ₂ O ₃ (85 мкл)	
Масса образца, мг	6÷7 мг	
Атмосфера	воздух	
Расход газа, мл/мин	70	
Скорость нагрева, °С/мин	20	
Конечная температура нагрева, °С	700	

По ТГ, ДТГ и ДСК кривым с помощью программного обеспечения Proteus Thermal Analysis были определены термоаналитические характеристики: потеря массы материалом (Δm , %); зольный остаток при температуре 700 °С; значения

температуры при максимумах скорости потери массы (ДТГ-максимумов); температура максимумов тепловых эффектов (ДСК пиков) и суммарный экзотермический тепловой эффект. Термограмма табака сигарет марки Winston представлена на рис. 1.

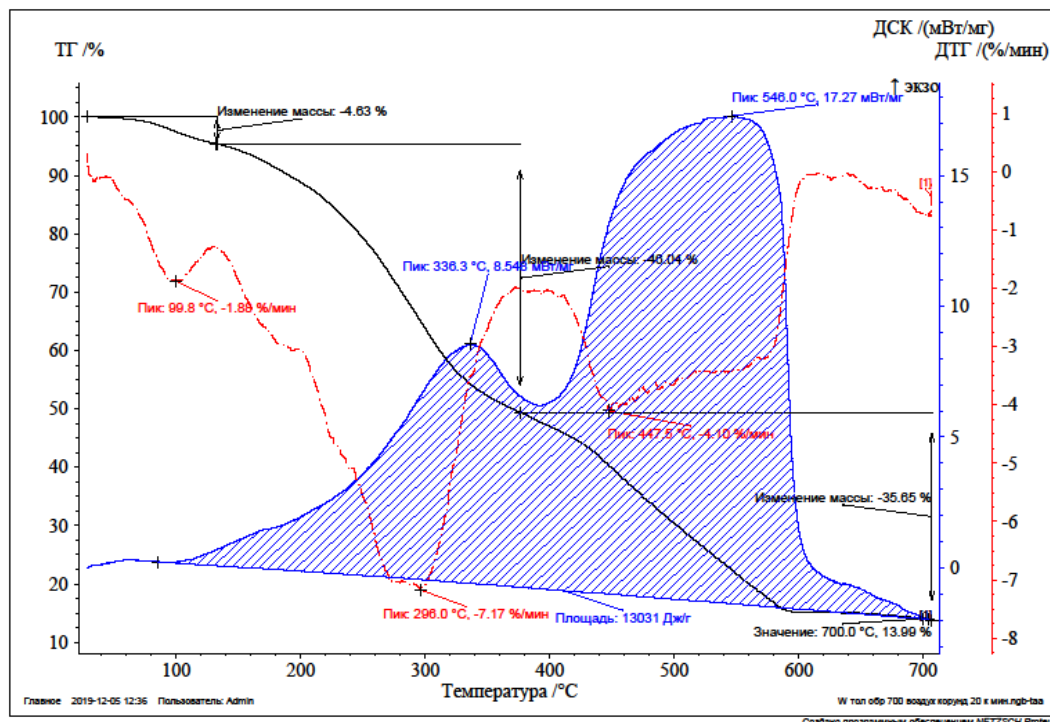


Рисунок 1. Термограмма табака сигареты Winston стандартной упаковки

Термолиз табака сигарет марки Winston протекает в 3 стадии:

- на первой стадии происходит потеря влаги табаком (потеря массы 4–5 %;

- на второй стадии – стадии тления – потеря массы составляет 40–50 %;

- на третьей стадии – стадии выгорания – потеря массы составляет 35–40 %. Общая потеря массы в ходе термолиза табака марки Winston составила 86 %.

Необходимо отметить, что процесс тления табака начинается при температуре чуть выше 100 °С. При этом интенсивность потери массы при тлении табака (7,17 %/мин) превышает интенсивность потери массы при его горении (4,10 %/мин).

На кривой дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК кри-

вой) ярко выражены два экзотермических пика с максимумами при температурах 336,3 °С и 546,0 °С. Тление в области низких температур проявляет себя как относительно слабый экзоэффект, сопровождаемый потерей массы. После процесса тления (первый экзотермический пик) начинается термоокислительная деструкция со значительной потерей массы и экзо-эффектом от сгорания продуктов деструкции. Экзотермический эффект процесса тления, несмотря на высокую интенсивность потери массы, меньше экзотермического эффекта выгорания табака марки Winston. При этом суммарный экзотермический эффект составил 13031 Дж/г, что свидетельствует о достаточно высокой теплотворной способности и горючести исследуемого материала.

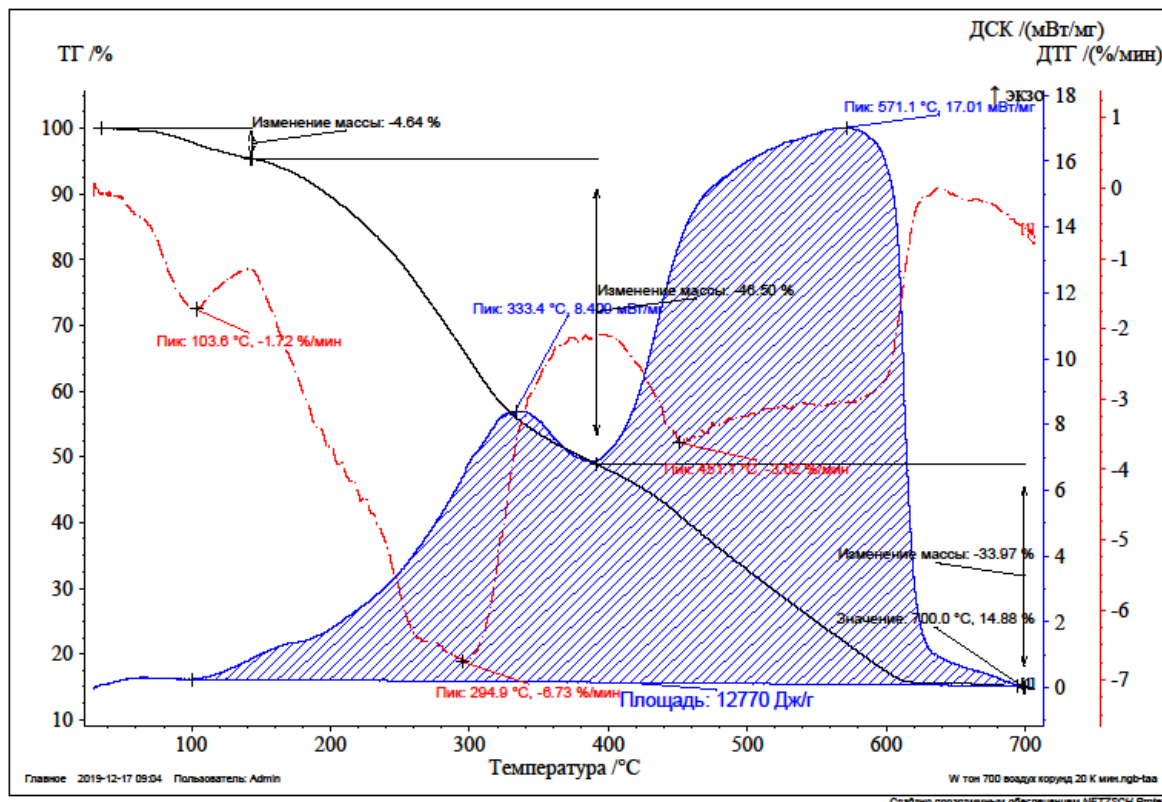


Рисунок 2. Термограмма табака сигарет марки Winston (компакт)

Термоаналитические характеристики, полученные при анализе термограммы табака сигареты Winston (компакт), практически совпадают с термоаналитическими характеристиками сигарет Winston стандартных размеров

(рисунок 2). Возгорание начинается при температуре 400 °С. Термоаналитические характеристики табака сигарет марки Winston разной упаковки представлены в таблице 2.

Таблица 2
Термоаналитические характеристики табака сигарет марки Winston разной упаковки

№	Упаковка сигарет марки Winston	Общая потеря массы, Δm, %	Температуры максимумов ДТГ пиков, °С			Температуры максимумов ДСК пиков, °С		Суммарный тепловой эффект, Дж/г
			1	2	3	1	2	
1	Стандарт	85,01	99,8	296,0	447,6	336,3	546,0	13 031
2	Компакт	85,12	103,6	294,9	451,1	333,4	571,1	12 770

Анализ представленных в таблице 2 данных свидетельствует о меньшем суммарном тепловом эффекте при термоллизе табака сигарет марки Winston в компактной упаковке, нежели в стандартном исполнении, что свидетель-

ствует о меньшей горючести данного табака. Наблюдается также смещение температуры максимума ДСК пика в интервале температур 400–600 °С в область более высоких температур, что свидетельствует о меньшей склонности

к возгоранию табака сигарет марки Winston в компактной упаковке. При этом необходимо всё-таки отметить, что значения рассматриваемых в таблице 2 термоаналитических характеристик, очень близки.

Процесс тления табака марки «Пётр I», как и табака марки Winston, начинается при температуре выше

100 °С после испарения паров воды (рисунок 3). Возгорание начинается при температуре 380 °С, то есть чуть раньше, чем в случае сигарет марки Winston, что свидетельствует о более высокой пожарной опасности табака сигарет данной марки по сравнению с табаком сигарет марки Winston.

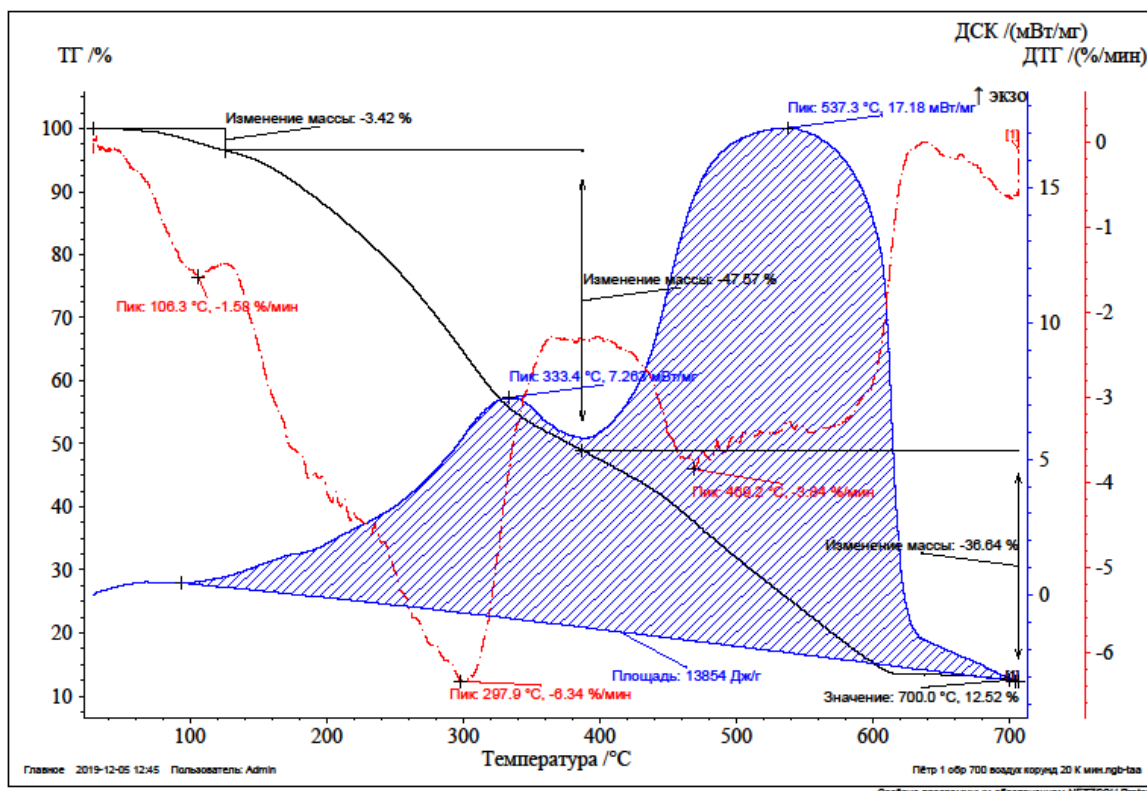


Рисунок 3. Термограмма табака сигарет «Пётр I» (стандарт)

Результаты термического анализа свидетельствуют также и о более высоком тепловом эффекте (большей горючести) и соответственно о более высокой пожарной опасности табака сигарет марки «Пётр I» стандартной упаков-

ки (рисунок 3): суммарный тепловой эффект термолитиза табака сигарет марки «Пётр I» составил 13 854 Дж/г. Удельная интенсивность выделения тепла при термолитизе табака исследуемых марок сигарет приведена в таблице 3.

Таблица 3

Удельная интенсивность выделения тепла при термоллизе табака

№	Марка сигарет	Удельная интенсивность выделения тепла 1-го ДСК пика, $\Delta H/\text{мин}$, мВт/мг/мин	Удельная интенсивность выделения тепла 2-го ДСК пика $\Delta H/\text{мин}$, мВт/мг/мин
1	Winston (стандарт)	1,64	4,51
2	Winston (компакт)	1,71	3,41
3	Пётр I (стандарт)	1,40	4,06

Анализ полученных результатов показал, что на стадии тления табака максимальная скорость выделения тепла наблюдается у сигарет марки Winston (компакт), что свидетельствует о наибольшей пожарной опасности сигарет на этой стадии. Наименьшая скорость выделения тепла наблюдается у сигарет марки «Пётр I» (стандарт). На стадии горения выделившихся горючих газов наибольшая интенсивность выделения тепла характерна для сигарет марки Winston (стандарт).

Выводы

В ходе испытаний табака различных марок методами термического анализа были получены следующие результаты.

1. Термоллиз табака сигарет протекает в 3 стадии:

- на первой стадии происходит потеря влаги табаком (потеря массы 4–5 %;

- на второй стадии – стадии тления – потеря массы составляет 40–50 %;

- на третьей стадии – стадии выгорания (пламенного горения выделившихся газов) – потеря массы составляет 30–40 %. Общая потеря массы в ходе термоллиза табака различных марок составила 86–90 %.

2. Процесс тления табака начинается при температуре выше 100 °С и сопровождается потерей массы и незначительным экзотермическим эффектом.

3. Возгорание начинается при температуре 380–400 °С, о чём свидетельствует второй экзотермический пик на ДСК кривой. Экзотермический эффект второго пика превышает эффект первого экзоэффекта, характеризующего процесс тления табака.

4. Сравнение сигарет марки Winston в компактном и стандартном исполнении показал меньший суммарный тепловой эффект термоллиза сигарет марки Winston в компактной упаковке, нежели в стандартном исполнении. Наблюдается также смещение температуры максимума ДСК пика в область более высоких температур, что свидетельствует о меньшей склонности к возгоранию табака сигарет марки Winston в компактной упаковке.

5. Исследование скорости выделения тепла в ходе термоллиза сигарет различных марок показало, что наибольшая скорость выделения тепла на стадии тления характерна для сигарет марки Winston (компакт), а на стадии горения выделившихся горючих газов – сигарет марки Winston (стандарт).

6. Однозначный вывод о пожарной опасности табака той или иной марки сигарет сделать сложно, так как суммарный тепловой эффект и интенсивность выделения тепла на разных стадиях термоллиза отличаются у табака разных марок сигарет.

Литература

1. Козлитин А. А., Лебедева В. В., Непочатых И. Н. Развитие пожара от источника зажигания малой мощности // Научный вестник НИИГД «Респиратор». – 2016. – № 4 (53). – С. 43–51.
2. Чешко И. Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования). СПб., 1997. 562 с.
3. Вогман Л. П. Пожарная опасность процесса тления горючих органических веществ и материалов // Пожарная безопасность. – 2018. – № 3. – С. 39–48.

4. Вогман Л. П. Пожарная опасность процессов тления целлюлозы и растительного сырья // Комбикорма. – 2016. – № 12. – С. 56–62.

5. Глухих П. А., Алексеев С. Г. О пожарной опасности сигарет // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. – 2016. – № 2(19). – С. 25–27.

Referance

1. Kozlitin A. A., Lebedeva V. V., Nepochaty`x I. N. Razvitie pozhara ot istochnika zazhiganiya maloj moshhnosti // Nauchny`j vestnik NIIGD «Respirator». – 2016. – № 4(53). – P. 43–51.

2. Cheshko I. D. E`kspertiza pozharov (ob`ekty`, metody`, metodiki issledovaniya). SPb., 1997. 562 p.

3. Vogman L. P. Pozharnaya opasnost` processa tleniya goryuchix organicheskix veshhestv i materialov // Pozharnaya bezopasnost`. – 2018. – № 3. – P. 39–48.

4. Vogman L. P. Pozharnaya opasnost` processov tleniya cellyulozy` i rastitel`nogo sy`r`ya // Kombikorma. – 2016. – № 12. – P. 56–62.

5. Gluxix P. A., Alekseev S. G. O pozharnoj opasnosti sigaret // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. – 2016. – № 2 (19). – P. 25–27.