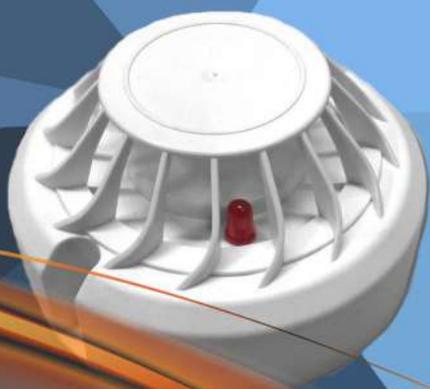




Всероссийская
научно-практическая
конференция

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ



СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Иваново 2023

УДК 614.842
ББК 38.96
А 43

Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов : сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 20 апреля 2023 г. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. – 573 с. – ISBN 978-5-907353-90-9

В сборнике представлены материалы выступлений и статьи участников конференции, проводимой кафедрой пожарной безопасности объектов защиты (в составе учебно-научного комплекса «Государственный надзор»), отражающие результаты фундаментальных и прикладных исследований в области пожарной безопасности и защиты в чрезвычайных ситуациях.

В материалах сборника рассмотрены актуальные вопросы в области противопожарного водоснабжения; вопросы совершенствования автоматизированных систем и средств обеспечения пожарной безопасности объектов, применения технологий искусственного интеллекта в области обеспечения пожарной безопасности, совершенствования нормативной правовой базы в области обеспечения пожарной безопасности объектов защиты, представлены современные научно-технические достижения в области разработки систем противопожарной защиты объектов, систем и средств пожарной безопасности и спасения людей.

Издание представляет интерес для научно-педагогических работников, обучающихся, практических работников и специалистов по пожарной безопасности.

Редакционная коллегия

канд. техн. наук, доцент **Д. Б. Самойлов** (председатель оргкомитета)
канд. техн. наук, доцент **В. А. Комельков** (заместитель председателя оргкомитета)
канд. техн. наук, доцент **В. Б. Бубнов**
канд. техн. наук, доцент **А. Х. Салихова**
канд. хим. наук **Е. В. Барина**
О. С. Чуприна

УДК 614.842
ББК 38.96

ISBN 978-5-907353-90-9

- получены теплотехнические характеристики, которые могут быть использованы при расчетно-аналитической оценке огнестойкости аналогичных конструкций;

- в настоящий момент специалистами института ведутся исследования по совершенствованию методик оценки огнестойкости конструкций на основе перекрёстноклеёной древесины, в том числе с учетом воздействий нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kippel, M.; Leyder, C.; Frangi, A.; Fontana, M. Fire tests on loaded cross-laminated timber wall and floor elements. Fire Saf. Sci. 2014, 11, 626–639. <https://doi.org/10.3801/IAFSS.FSS.11-626>;

2. ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования»;

3. ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции»;

4. СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80. М., 2011».

УДК 544.43:614.833.2

А.Я. Васин, А.Н. Шушпанов, Г.Г. Гаджиев, В.О. Макарова
ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет
им. Д. И. Менделеева»

ТЕРМИЧЕСКОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО ПРЕПАРАТА ФОНТУРАЦЕТАМ

Аннотация: Методами ДТА и ИК-спектроскопии проведено исследование термического разложения препарата фонтурацетам. Методами Киссинджера и Озавы-Флинна-Уолла определены кинетические параметры термической деструкции вещества. Показано, что первичный акт деструкции осуществляется в структуре гетероцикла с разрывом связи [(C=O)–N–].

Ключевые слова: фонтурацетам, пожаровзрывоопасность веществ, термический анализ, энергия активации, ИК-спектры.

A.Ya. Vasin, A.N. Shushpanov, G.G. Gadzhiev, V.O Makarova

THERMAL DECOMPOSITION OF FONTURACETAM

Abstracts: The thermal decomposition of the drug fonturacetam was studied by DTA and FTIR. Kissinger and Ozawa-Flynn-Wall methods were used to determine the kinetic parameters of the thermal destruction of matter. It is shown that the primary act of destruction is carried out in the structure of a heterocycle with a bond break [(C=O)–N–].

Keywords: fonturacetam, fire and explosion hazard of substances, thermal analysis, activation energy, DTA, FTIR.

Продолжая цикл статей, посвящённых изучению пожаровзрывоопасности и термического разложения ароматических веществ фармацевтического назначения — лекарственных средств и их полупродуктов синтеза [1-3], коллектив авторов вновь отмечает растущие потребности современного рынка фармпрепаратов в развитии отечественного производства как оригинальной продукции, так и фармацевтических дженериков в целях импортзамещения. Объект настоящего исследования — ноотропный препарат фонтурацетам, препарат из Перечня жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов для медицинского применения (в редакции от 12 октября 2020 г.).

Обеспечение пожаровзрывобезопасности предприятий на всех этапах производства невозможно без проведения глубоких исследований термического разложения веществ, экспериментальная практика которого направлена на установление способности веществ к экзотермическому превращению, одного из показателей пожаровзрывоопасности.

Фонтурацетам — мелкодисперсный белый порошок, его температура плавления составляет 125 °С. Структурная формула представлена на рис. 1.

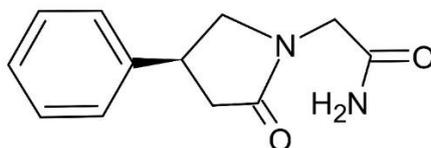


Рис. 1. Структурная формула фонтурацетама

Вещество было получено из ФГУП «ГНЦ НИОПиК». Цель исследования — изучение кинетики и механизма термического разложения указанного вещества.

Основные показатели пожаровзрывоопасности фонтурацетама опубликованы в работах [4,5]. При этом было установлено, что фонтурацетам — горючее вещество с взрывоопасной пылевоздушной смесью. Характер потери массы на кривой TG при термоанализе и визуальные наблюдения при экспериментах на установке ОТП по определению температуры самовоспламенения позволили

сделать предположение, что интенсивное испарение образца фонтурацетама сопровождается термическим разложением, которое начинается при 290 °С.

Химическое строение вещества подтверждено спектральным методом. Использовался метод ИК-спектроскопии при помощи ИК-Фурье-спектрометра Nicolet 380 FT-IR, исследование провёл Центр Коллективного Пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева. Соотнесение спектров выполнялось при помощи [6]. Термогравиметрический анализ фонтурацетама выполнен на дериватографе типа “С” Паулиг-Паулиг-Эрдей при различных скоростях нагрева.

На рис. 2 представлена типичная дериватограмма фонтурацетама, снятая в атмосфере воздуха при скорости нагрева 10 °С/мин.

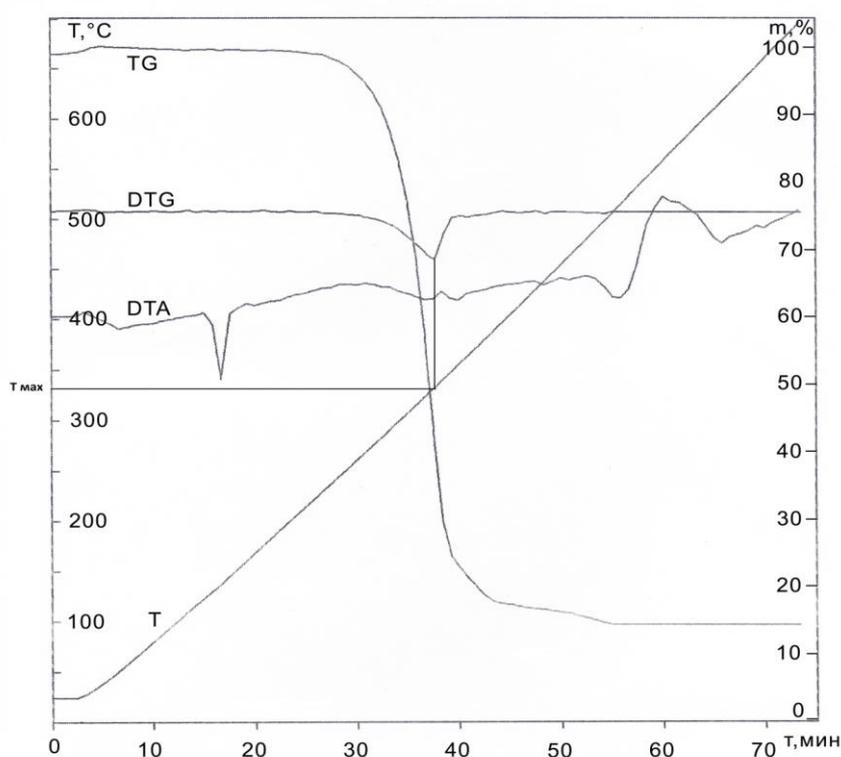


Рис. 2. ТГ-ДТА кривые фонтурацетама, скорость нагрева 10 °С /мин

Характер потери массы указывает на интенсивное испарение с последующим разложением, что подтверждает визуальное наблюдением за навеской при испытании его на установке ОТП: при 230 °С начинается выделение белых паров, которое интенсифицируется с повышением температуры, а при 290 °С расплав образца меняет цвет с прозрачного на жёлто-коричневый и начинается термический распад. В области температур 325–350 °С на кривой ДТА наблюдается небольшой экзотермический эффект, обусловленный разложением вещества. Наличие экзотермического эффекта – характеристика пожаровзрывоопасности вещества.

Определив значение температуры максимального проявления экзоэффекта процесса термического разложения при различной скорости нагрева возможно

рассчитать кинетические параметры вещества по уравнению Аррениуса, используя метод Киссинджера. Исходные данные для расчета кинетических параметров фонтурацетама методом Киссинджера приведены в табл. 1.

Таблица 1. Скорости нагрева (φ) и температуры экзоэффектов фонтурацетама

φ , С/мин	φ , К/мин	φ , К/с	t_{\max} , °С	T_{\max} , К
2,5	275,5	0,042	291	564
5	278	0,083	313	586
10	283	0,167	339	612
15	288	0,250	351	624

Построив зависимость $\ln(\varphi/T_{\max}^2)$ от $1/T_{\max}$ для фонтурацетама по методу Киссинджера удалось найти значение активации E_A , равное 75,6 кДж/моль (18,2 ккал/моль) и предэкспоненциального множителя $\log A$, равное 4,1.

Второй метод – метод Озавы-Флинна-Уолла базируется на определении температур, соответствующих определенному проценту потери массы при разных скоростях нагрева. Расчетные значения энергии активации, полученные разными методами близки друг к другу и равны соответственно для методов Киссинджера и Озавы-Флинна-Уолла 75,6 и 75,8 кДж/моль.

Следует отметить, что полученные кинетические параметры уравнения Аррениуса характеризуют сочетанный процесс испарения и термического разложения, поэтому на основании полученных значений энергии активации и предэкспоненциального множителя нельзя проводить оценку термической стабильности вещества. Однако, учитывая высокое значение температуры начала разложения (290 °С) фонтурацетам можно отнести к термически стабильным веществам.

Для изучения механизма термического разложения фонтурацетама прежде всего необходимо исчерпывающее знание о химическом строении вещества и его продуктах разложения. Существует большое количество аналитических способов определения структуры чистых веществ и твердых продуктов их разложения. В настоящей работе был использован метод ИК-спектроскопии, отличающийся сравнительной несложностью, доступностью и адекватной поставленной задаче трудозатратностью.

Пробоподготовка осуществлялась на установке по определению температурных показателей пожарной опасности (ОТП), соответствующей ГОСТ 12.1.044. Подробные условия пробоподготовки приведены в табл. 2. Температуры пробоподготовки специально выбирались на уровне температур начала экзотермического разложения, полученных из данных TG-DTA – чтобы

не допустить быстрого достижения образцом чрезмерно высоких степеней распада.

Таблица 2. Условия пробоподготовки твердых продуктов термообработки фонтурацетама

№ опыта	Время индукции, мин	Температура испытания, °С	Потеря массы, %	Особенности испытания
1	10	280	24	Происходит плавление, белый раствор темнеет, происходит выделение паров
2	20	280	48	
3	15	290	62	
4	10	300	38	
5	15	300	76	
6	30	300	88	

Все полученные ИК спектры термообработанного фонтурацетама с различной потерей массы приведены на едином рис. 3.

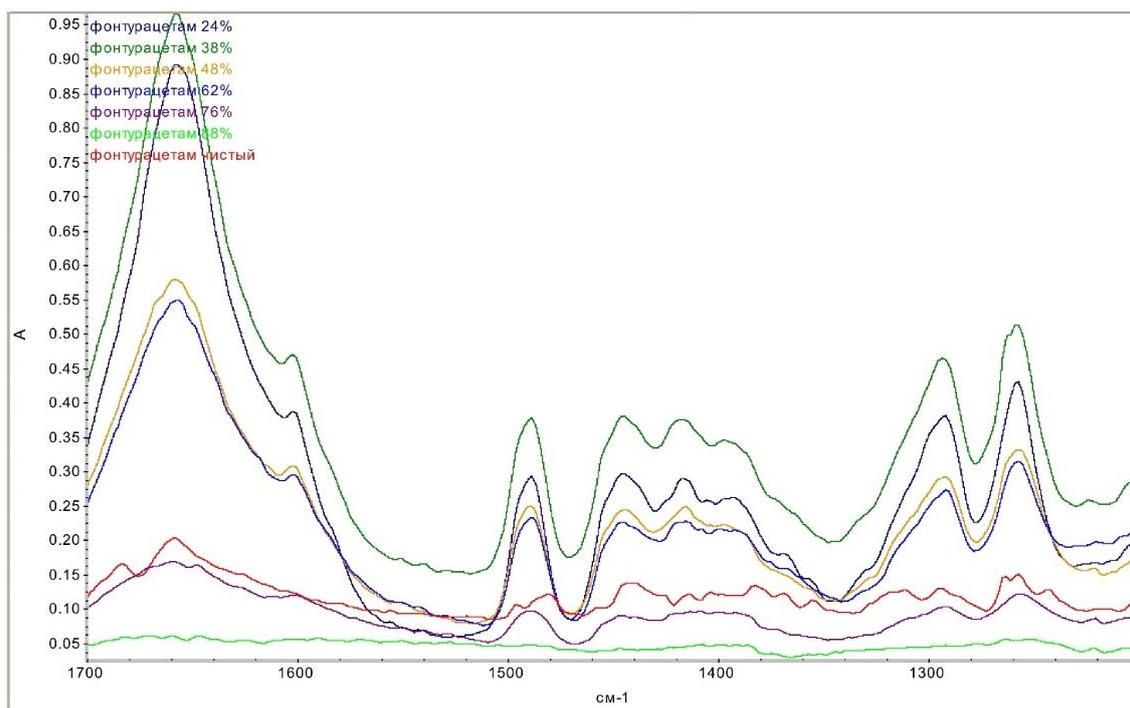


Рис. 3. Комбинация ИК-спектров фонтурацетама, диапазон 1200–1700 см⁻¹ (степени распада: чистый; 24 %; 38 %; 48 %; 62 %; 76 %; 88 %)

Для чистого фонтурацетама были обнаружены характерные полосы поглощения $C_{аром}-C$ (ν , 1461 см⁻¹), $C_{аром}-H$ (d , 1013 см⁻¹, 1034 см⁻¹ и 1058 см⁻¹), $C=N$ в открытой цепи (ν , 1636 см⁻¹), $C-H$ в монозамещенных циклах (d , 751 см⁻¹ и 715 см⁻¹), $-CH_2-$ (ν , 2872 см⁻¹), $C-O$ (ν , 1301 см⁻¹, 1275 см⁻¹ и 1209 см⁻¹), а также $[-C-N-]$ в цикле (ν , 1566 см⁻¹ и 1461 см⁻¹) [6].

Из полученных ИК-спектров видно, что пики полос поглощения во всем рассматриваемом диапазоне не сильно изменились при степенях распада 24 %, 38 %, 48 %, 62 % по сравнению с чистым веществом. Следовательно, фонтурацетам является достаточно термостойким веществом. Однако также видно, что с увеличением потери массы наблюдается уменьшение интенсивности полосы поглощения для связи $[-C=O-]$ в гетероцикле (1683 см^{-1}) или полное ее исчезновение. Это указывает на возможный первичный разрыв связи $[(C=O)-N-]$ в гетероцикле с образованием альдегидной группы.

Полученные данные о термическом разложении и пожаровзрывоопасности фонтурацетама переданы в ФГУП «ГНЦ НИОПиК» с целью обеспечения пожаровзрывобезопасности производства данного соединения.

Авторы благодарны ЦКП РХТУ им. Д. И. Менделеева за оперативную и точную аналитическую работу в области ИК-спектроскопии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Термический анализ и пожаровзрывоопасность новых лекарственных препаратов / А. Я. Васин, А. Н. Шушпанов, Е. Б. Аносова и др. // Химическая промышленность сегодня. — 2018. — № 5. — С. 48–55.
2. Васин А.Я. и др. Термический анализ лекарственного препарата теризидон. Иваново:ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. с. 40–43.
3. Васин А.Я., До Тхань Хынг, Акинин Н.И., и др. О механизме термического разложения D-циclosерина и теризидона// Безопасность труда в промышленности. — 2022. — № 1. — С. 20–26. DOI: 10.24000/0409-2961-2022-1-20-26.
4. Казантинова М.М., Шушпанов А.Н., Васин А.Я. и др.. Пожаровзрывоопасность лекарственного препарата фонтурацетам // Техносферная безопасность Байкальского региона: материалы международной научно-практической конференции. Чита 2019. — с. 29–37.
5. До Т.Х., Макарова В.О., Васин А.Я. и др. Сравнение пожаровзрывоопасных свойств лекарственных препаратов D-циclosерина и фонтурацетама // V Международная н/п конф. молодых ученых по проблемам техносферной безопасности: материалы конференции. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2022. – с. 88-91.
6. Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы - МГУ им. М.В. Ломоносова, химический факультет, кафедра органической химии. М., 2015. 55 с.

Бубнов В.Б., Репин Д.С., Шмелева Ю.В. Проблемы эксплуатации систем наружного противопожарного водоснабжения в условиях низких температур окружающего воздуха и пути их решения.....	94
Булгаков А.В., Голованов В.И., Пехотиков А.В., Павлов В.В., Булгаков В.В. Исследования огнестойкости строительных конструкций на основе перекрёстноклеёной древесины	97
Васин А.Я., Шушпанов А.Н., Гаджиев Г.Г., Макарова В.О. Термическое разложение лекарственного препарата фонтурацетам.....	101
Ведерников С.А., Романюк Е.В. Инерционные пылеуловители с пониженной пожарной опасностью	107
Вислогузов П.А., Беляев Д.В., Ильичев В.В., Кирдий Т.А. Применение обратных клапанов в системах противодымной вентиляции.....	109
Волков В.В., Блохин И.С. Возможности применения систем мобильной коммуникации в сетях связи пожарно-спасательного гарнизона.....	114
Волков В.В., Бочкарев А.Н. Анализ деятельности испытательной пожарной лаборатории по Республике Мордовия	129
Волков В.В., Кнутов М.С. Анализ возможностей транкинговых систем в сетях связи и управления пожарно-спасательного гарнизона	136
Воронин А. А., Хазратзода Д. Т., Прус Ю. В. Особенности автоматизации систем обеспечения безопасности объекта транспортной инфраструктуры при автомобильной перевозке опасных грузов	149
Гальченко Т.А., Наконечный С.Н. Определение показателей пожарной опасности древесины березы.....	154
Гойкалов Г.Г., Кузнецов А.В. К вопросу применения приспособленной техники для проведения аварийно-спасательных работ.....	159
Гойкалов Г.Г., Фомин М.В. Необходимость первичных мер пожарной безопасности.....	163
Горячева М.О. Адаптивная система снижения пожарного риска на опасных объектах водородной энергетики и нефтегазового комплекса.....	167
Губанов А.П., Волков В.В. Направления совершенствования деятельности Судебно-экспертного учреждения федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория по Республике Мордовия».....	170
Данилов А.Е., Торопова М.В. К вопросу совершенствования модели планирования профилактических визитов в области пожарной безопасности.....	178
Дюнова Д.Н., Лымарев В.Н. Инновационные решения в сфере обеспечения противопожарной защиты оборудования резервуарных парков.....	182
Емелин В.Ю., Курочкина Е.Ю., Алиева Д.А. О мерах по совершенствованию профилактики противоправных деяний среди несовершеннолетних	186
Ермилов А.В. К вопросу реализации автоматизированной системы поддержки принятия управленческих решений при тушении пожаров	190
Ермилов А.В. Основные направления автоматизации информационной поддержки управления боевыми действиями на пожаре в зданиях	193
Ермилов А.В. Проблемы информационной поддержки органов управления силами и средствами на пожаре в зданиях	196
Ермилов А.В., Багажков И.В. Особенности управления действиями пожарно-спасательных подразделений при подаче огнетушащих веществ на этажи зданий.....	200