

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Российский химико-технологический университет  
имени Д. И. Менделеева

**V МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
ПО ПРОБЛЕМАМ  
ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Москва, 17 – 18 мая 2022 г.**

**Материалы конференции**

Москва

2022

УДК 504.06:66(075)

ББК 65.9(2)248

М43

**М43 V Международная научно-практическая конференция молодых ученых по проблемам техносферной безопасности:** материалы конференции. – М.: РХТУ им Д. И. Менделеева, 2022.– 208 с.  
ISBN 978-5-7237-1961-3

В сборник вошли статьи по актуальным проблемам техносферной безопасности. **Основными проблемно-тематическими направлениями работы конференции стали:** промышленная безопасность и охрана труда, пожарная безопасность, экологическая безопасность, особенности подготовки студентов и аспирантов в области техносферной безопасности.

Материалы сборника были представлены для широкого обсуждения 17 – 18 мая 2022 года на Международной научно-практической конференции молодых ученых по проблемам техносферной безопасности. Сборник представляет интерес для научно-технических работников, преподавателей, аспирантов и студентов.

УДК 504.06:66(075)

ББК 65.9(2)248

Редакционная коллегия:

Заместитель председателя конференции – профессор **Н. И. Акинин**

Ученый секретарь – профессор **А. Я. Васин**

Секретари оргкомитета – доцент **М. Д. Чернецкая**

доцент **А. Н. Шушпанов**

Научное издание

## **V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ПО ПРОБЛЕМАМ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

### **Материалы конференции**

Текст репродуцирован с оригиналов авторов

Компьютерная верстка: М. Д. Чернецкая

Подписано в печать 30.05.2022 г. Формат 60×84 1/16.

Усл. печ. л. 12,1. Уч.-изд. л. 21,6. Тираж 100 экз. Заказ

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

Издательский центр

Адрес университета и издательского центра: 125047 Москва, Миусская пл., 9

ISBN 978-5-7237-1961-3

© Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2022

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА НА УЧАСТКЕ ПО РЕМОНТУ ТРАНСФОРМАТОРОВ <i>Иванова М.С., Солонникова Н.В., Солонникова П.Д.</i>	53
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ С ПОВЫШЕННЫМ УРОВНЕМ ШУМА <i>Сидоров А.И., Зыкина Е.В.</i>	57
АНАЛИЗ ОПАСНОСТЕЙ И РИСКА НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ ТОО «НЭЙБОРС ДРИЛЛИНГ КОМПАНИ» АТЫРАУСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Щербакова Е.А., Ержанов Н.Д., Толешов А.К.</i>	60
АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ ШАХТОСТРОИТЕЛЬНОГО ЦЕХА ДОНСКОГО ГОКа <i>Щербакова Е.А., Аскарлов Н., Толешов А.К.</i>	63
ДИНАМИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ И АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ВОРОНЕЖСКОГО РЕГИОНА <i>Митусова В.Е., Дорохина А.А.</i>	66
СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА <i>Кандрашова Е.О.</i>	70
РАЗРАБОТКА СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ <i>Мурадов Н. М.</i>	72
АНАЛИЗ ПРИЧИН ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НАЦИОНАЛЬНОЙ КОМПАНИИ КАЗАХСТАН ТЕМИР ЖОЛЫ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА <i>Имангазин М.К., Кожамуратова Л.К., Жанаева Н.З., Унайбаев А.А.</i>	76
АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Масленников П. В.</i>	80
КЛАССИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ НА ТРАНСПОРТЕ <i>Темирбек уулу Кубаныч</i>	84
<b>секция 2. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ</b>	
СРАВНЕНИЕ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ СВОЙСТВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ D-ЦИКЛОСЕРИНА И ФОНТУРАЦЕТАМА <i>До Т. Х., Макарова В.О, Васин А. Я., Шушпанов А.Н.</i>	88
ВЛИЯНИЕ МАЛОТОКСИЧНОГО КАТАЛИЗАТОРАНА ПАРАМЕТРЫ ГОРЕНИЯ ВЫСОКОКАЛОРИЙНОГО БАЛИСТИЧНОГО ПОРОХА <i>Сидорова П.Г., Сизов В.А., Зар Ни Аунг, Рукина А.М.</i>	91
ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К МЕХАНИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ D-ЦИКЛОСЕРИНА, ТЕРИЗИДОНА И ИХ ПОЛУПРОДУКТА СИНТЕЗА <i>Игамбердиев Т. Б., Гаджиев Г. Г., Васин А. Я., До Т.Х.</i>	94
<b>ТЕРМОАНАЛИЗ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ДВУХ АЗОКРАСИТЕЛЕЙ</b> <i>Казантинова М.М., Шушпанов А.Н., Васин А.Я.</i>	<b>98</b>
ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ КРАСИТЕЛЯ ОРАНЖ Ж <i>Терехова М.А., Шушпанов А.Н., Колосков С.А., Васин А.Я.</i>	102
АНАЛИЗ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ЧЕТЫРЕХ АЗОКРАСИТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО СТРОЕНИЯ <i>Безалтынных А. С., Райкова В. М., Васин А. Я., Шушпанов А.Н.</i>	105

4. Васин А. Я., До Т. Х., Гаджиев Г. Г. и др. Термический анализ лекарственного препарата теризидон // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов IV международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России. Иваново, 15 октября 2020 г. — ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России Иваново, 2020. — С. 40–43.
5. Протасова А. К., До Т. Х., Васин А. Я. Пожаровзрывобезопасность D-серина и D-цикloserина // IV Международная научно-практическая конференция молодых ученых по проблемам техносферной безопасности: материалы конференции. – 2020. – С. 20-24.
6. Васин А. Я., До Т. Х., Гаджиев Г. Г. и др. Пожаровзрывоопасность D-цикloserина, теризидона и их полупродукта синтеза // Химическая промышленность сегодня. — 2021. — № 1. — С. 28–33.
7. До Т. Х., Гаджиев Г. Г., Васин А. Я., Шушпанов А. Н. Чувствительность к удару d-цикloserина, теризидона и их полупродукта синтеза // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов V Международной научно-практической конференции. Иваново, 14 октября 2021 г. — Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России Иваново, 2021. — С. 28–33.
8. ГОСТ 4545-88. Вещества взрывчатые бризантные. Методы определения характеристик чувствительности к удару (с Изменением N 1) // – 1988.
9. ГОСТ Р 50835—95. Вещества взрывчатые бризантные. Методы определения характеристик чувствительности к трению при ударном сдвиге // – 1995.
10. Кондриков Б.Н. Общие закономерности инициирования взрыва при определении чувствительности ВВ к удару и трению / Кондриков Б.Н. // Физика Горения и Взрыва – 1995. – Т. 31 – № 2 – С.80–90.
11. Дубовик А.В. Чувствительность твердых взрывчатых систем к удару: Учеб. пособие / А. В. Дубовик, И. Г. Ассовский – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2011.– 276с.
12. Дубовик А.В. Методология исследований чувствительности энергоемких материалов к механическим воздействиям: Учеб. пособие / А. В. Дубовик – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007.– 44с.

УДК 543.572.2, 544.45, 547.97

## **ТЕРМОАНАЛИЗ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ДВУХ АЗОКРАСИТЕЛЕЙ**

*Казантинова М.М., Шушпанов А.Н., Васин А.Я.*

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева

Аннотация: проведен термический анализ двух азокрасителей (Азорубина и Оранж Ж) в окислительной атмосфере при разных скоростях нагрева, а также определены кинетические параметры начального этапа термической деструкции веществ с помощью методов Киссинджера и Озава-Флинна-Уолла.

Ключевые слова: азокрасители, дифференциальная сканирующая калориметрия, термический анализ, пожаровзрывоопасность красителей, кинетические параметры, Озава-Флинн-Уолл, Киссинджер, Горовиц, Вязовкин.

## **THERMAL ANALYSIS AND KINETIC PARAMETERS OF DECOMPOSITION OF TWO AZO DYES**

*Kazantynova M.M., Shushpanov A.N., Vasin A.Ya.*

D. I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia

Abstract: the thermal analysis of two azo dyes (Azorubin and Orange G) in an oxidizing atmosphere at different heating rates was carried out, and the kinetic parameters of the initial stage of

thermal destruction of substances were determined using the Kissinger and Ozawa-Flynn-Wall methods.

Keywords: azo dyes, differential scanning calorimetry, thermal analysis, fire and explosion hazard of dyes, kinetic parameters, Ozawa-Flynn-Wall, Kissinger, Horowitz, Vyazovkin.

Красители с незапамятных времен являются важным компонентом материальной культуры человечества, и с развитием промышленной базы их производство с каждым годом растет в количественном отношении. По данным Росстата, производство основных видов химических веществ и химических продуктов, в частности, красителей, насчитывает 57,7 тысяч тонн за последний отчетный (2020) год [1]. Азокрасители имеют в своем строении эксплозифорные группы, которые могут определять потенциал пожаровзрывоопасности. Поэтому всесторонне исследование таких потенциально опасных веществ поможет получить экспериментальные характеристики, на основании которых будут разработаны требования к хранению, транспортировке, эксплуатации и утилизации исследуемых красителей.

Азурubin или E-122 (4-гидрокси-3-(4-сульфо-1-нафтилазо)нафталин-1-сульфонат динатриевая соль) является синтетическим пищевым красителем. Представляет собой порошок темно-бордового цвета. Молекулярная масса Азурубина равна 502 г/моль. Вещество хорошо растворимо в воде, но обладает плохой растворимостью в этаноле. Эмпирическая формула  $C_{20}H_{12}N_2Na_2O_7S_2$ . Структурная формула представлена на рис. 1. Применяется в косметической и пищевой промышленности.

Краситель кислотно-оранжевый, или Оранже Ж (1-(фенилазо)-2-нафтол-6,8-дисульфокислоты динатриевая соль), представляет собой порошок оранжевого цвета, относится к органическим пигментам. Молекулярная масса Оранже Ж составляет 452 г/моль. Обладает хорошей растворимостью в воде. Эмпирическая формула -  $C_{16}H_{10}N_2Na_2O_7S_2$ . Структурная формула представлена на рис. 2. Краситель Оранже Ж применяется в полиграфии, лакокрасочной и текстильной промышленности. Краситель обладает интенсивным цветом и повышенной красящей способностью, хорошей диспергированностью, светостойкостью и термостойкостью.

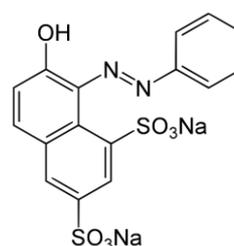
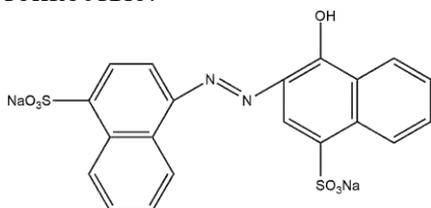


Рис. 1. Структурная формула Азурубина

Рис. 2. Структурная формула Оранже Ж

В Центре коллективного пользования им. Д.И. Менделеева в рамках государственного контракта №13.ЦКП.21.0009 с помощью метода ИК-спектроскопии была подтверждена структурная формула исследуемых красителей. Обнаружены характерные волновые числа для функциональных групп, подтверждающих строение веществ. Расшифровка и соотнесение спектров проводилась с помощью справочников [2,3]. Для Азурубина: N=N ( $1540\text{ см}^{-1}$ ), бензольное кольцо ( $1474$  и  $1574\text{ см}^{-1}$ ), нафталиновое кольцо ( $1410\text{ см}^{-1}$ ), -ОН ( $654\text{ см}^{-1}$ ),  $C_{аром}=C_{аром}$  ( $1604\text{ см}^{-1}$ ), сульфонатная группа ( $1186\text{ см}^{-1}$ ). Для Оранже Ж: N=N ( $1435\text{ см}^{-1}$ ), бензольное кольцо ( $1458$  и  $1494\text{ см}^{-1}$ ), нафталиновое кольцо ( $1415\text{ см}^{-1}$ ), -ОН ( $750\text{ см}^{-1}$ ),  $C_{аром} = C_{аром}$  ( $1540\text{ см}^{-1}$ ),  $C_{аром}-H$  ( $787\text{ см}^{-1}$ ), сульфонатная группа ( $1201\text{ см}^{-1}$ ).

Оценка термического воздействия на исследуемые вещества проводилась с помощью метода дифференциальной сканирующей калориметрии (TG-DSC). Термический анализ проводился на приборе синхронного анализа NETZSCH Jupiter 409 в АГЗ МЧС России. Синхронный анализ проводился в окислительной атмосфере (воздух) при скоростях нагрева от 2,5 до 10 °C/мин. Характерные температурные кривые представлены на рис. 3. Все значения температур, приведенные далее по тексту, получены в процессе глубокого анализа txt-протоколов экспериментов.

Для Азорубина, как видно из рисунка 3а, начало экзотермического эффекта, характеризующего процесс первичного распада вещества, наблюдается при 302 °С, процесс сопровождается выделением теплоты в количестве 608,1 Дж/г. Далее, при температуре 309 °С начинается убыль массы. Экзотермический пик достигает своего максимума при 350 °С. Следующий экзоэффект, связанный с самовоспламенением и окончательным разложением, начинается при 431 °С, достигает максимума при 477 °С и перекрывается вторым экзоэффектом, имеющим максимум при 545 °С, эффекты сопровождаются практически полной потерей массы и выделением теплоты 11366 Дж/г.

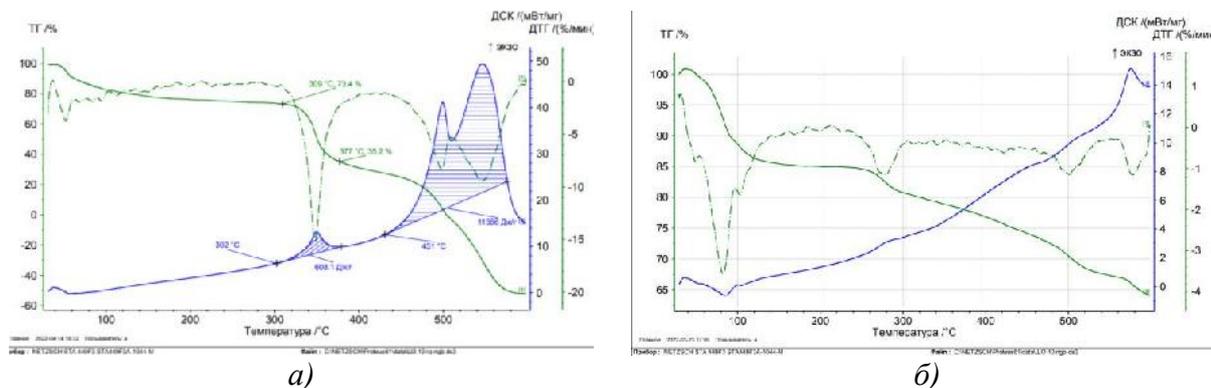


Рис. 3. TG-DSC кривые, атмосфера воздуха, 10 °С/мин: а) Азорубин; б) Оранже Ж

Оранже Ж представлен на анализ в виде конечной выпускной формы, количество пигмента в которой порядка 30 %, поэтому не представляется конструктивным описательно рассматривать кривые TG-DSC в диапазоне до 250 °С, в котором происходит испарение воды и разложение компонентов выпускной формы (вероятнее всего, мочевины, согласно авторскому свидетельству SU 597698). Интерес представляет область неявно выраженного экзотермического эффекта, берущего начало при 280 °С. Окончательный распад образца происходит после 450 °С.

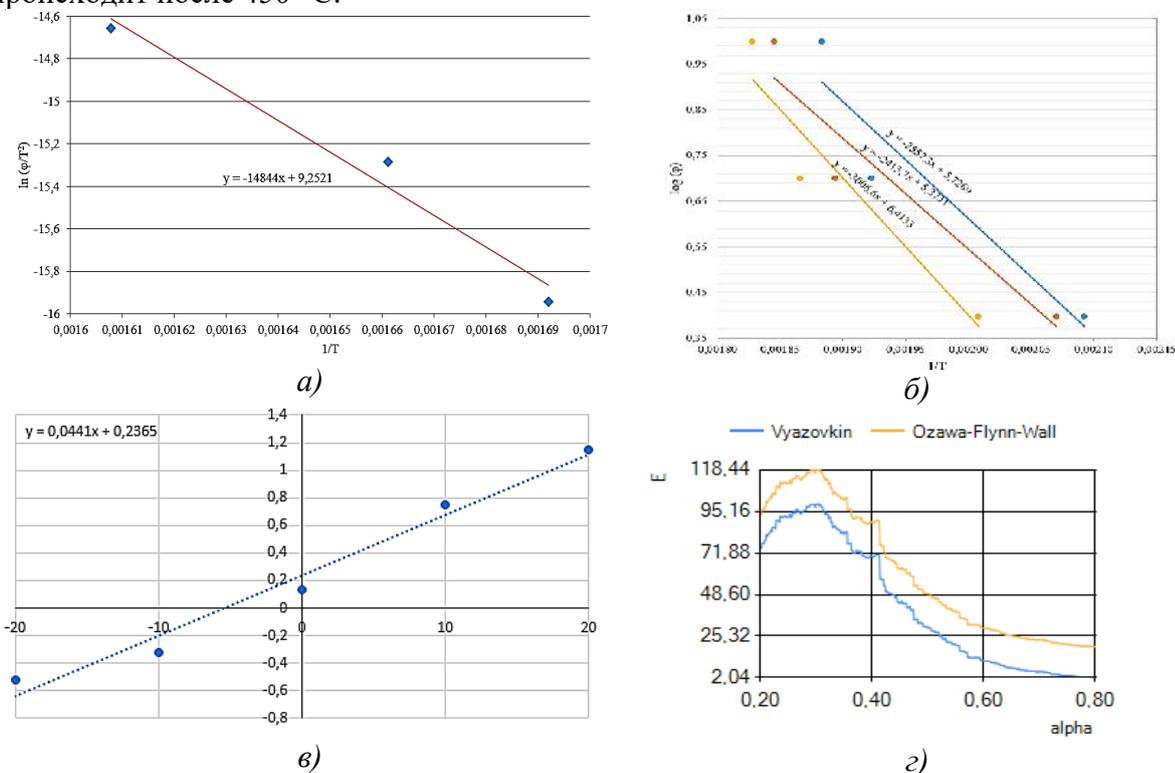


Рис. 5. Некоторые кинетические построения, выполненные в ходе исследования: а) Азорубин, метод Киссинджера; б) Оранже Ж, метод ОФУ; в) Азорубин, метод Горовица; г) Оранже Ж, методы Вязовкина и ОФУ

Предполагаемый механизм распада изученных азокрасителей, нуждающийся в дополнительном подтверждении – асинхронный разрыв связей С–N с образованием свободных ароматических радикалов и выделением азота [4]. Выделение азота обычно быстропотекающий и крайне экзотермический процесс [5].

Результаты термоанализа подтверждают необходимость оценки кинетических параметров из-за проявленных экзотермических эффектов в результате термического разложения. Кинетические параметры термического распада определялись при помощи методов Киссинджера [4], Озава-Флинна-Уолла (ОФУ) [5], Горовица [8] и программной реализации безмодельного метода Вязовкина, предложенной рабочей группой Института естественных и точных наук Южно-Уральского государственного университета (ИЕТН ЮУрГУ) [9]. Для первых трех методов соответствующие построения прямых и вывод их уравнений проводились с помощью программы Microsoft Excel методом линейной аппроксимации. Дополнительно вычисления по методу Озава-Флинна-Уолла были проведены в программе Kinetic Calculation ИЕТН ЮУрГУ. Рис. 5 демонстрирует некоторые показательные построения, выполненные в ходе работы.

Полученные значения энергий активации начальной стадии распада исследованных веществ приведены в табл. 1.

Таблица 1. Энергии активации начальной стадии распада Азорубина и Оранж Ж

Наименование образца	Энергия активации, кДж/моль				
	калькуляторы РХТУ (Excel)			Kinetic Calculation v 1.1	
	метод Киссинджера	метод ОФУ	метод Горовица	метод ОФУ	метод Вязовкина
Азорубин	123	207	125	120	120
Оранж Ж	151	41	145	118	95

Полученные величины энергий активации укладываются в интервал, характерный для распада азокрасителей [4]. Можно говорить о хорошей сходимости результатов в большинстве случаев, или, во всяком случае, сходимости в пределах экспериментальной погрешности (Оранж Ж, метод Вязовкина). Метод ОФУ при реализации его через Excel дал значительные статистические выбросы, в природе возникновения которых еще предстоит разобраться.

Частотные факторы  $IgA$  для образцов получены методом Киссинджера и составляют 8,19 и 12,26 для Азорубина и Оранж Ж соответственно. Предстоит работа над получением оставшегося компонента “кинетического триплета” – математического описания механизма реакции, а также констант скорости. Следует также изучить поведение веществ при нагревании в инертной атмосфере.

*Авторы выражают благодарность ЦКП РХТУ им. Д. И. Менделеева и АГЗ МЧС России за оперативную работу по анализу образцов.*

#### Литература

1. Промышленное производство в России. 2021: Стат.сб./Росстат. –М., 2021. – 305 с.
2. Тарасевич Б. Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы [Текст] – Москва: МГУ имени М.В.Ломоносова, химический факультет, кафедра органической химии, 2012.-55 с.
3. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул [Текст]: монография / Л. Беллами; Пер. с англ. В.М.Акимова и др.; под ред. Ю.А.Пентина. - М.: Изд-во иностр. литературы, 1963. - 590 с.
4. Васин А.Я. Взаимосвязь химического строения и пожаровзрывоопасности органических красителей, лекарственных средств и их аэрозольных систем: дис. доктора технических наук: 05.17.07 / А.Я. Васин – Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2008.
5. Шушпанов А.Н. Пожаровзрывоопасность ряда нафтохинондиазидных фоторезистов: дис. кандидата технических наук: 05.26.03 / А. Н. Шушпанов – Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2021.
6. Kissinger H.E. Reaction kinetics in differential thermal analysis, Anal. Chem., 1957, Vol.29 (11), pp. 1702-1706.

7. Ozava T. A new method of analyzing thermogravimetric data. Bull. Chem. Soc. Jpn. 1965, 38 p. 1881.
8. Horowitz H.H. A New Analysis of Thermogravimetric Traces / Horowitz H.H., Metzger G. // Analytical Chemistry – 1963. – T. 35 – № 10 – C.1464–1468.
9. Drozin D. Kinetic calculation: Software tool for determining the kinetic parameters of the thermal decomposition process using the Vyazovkin Method / Drozin D., Sozykin S., Ivanova N., Olenchikova T., Krupnova T., Krupina N., Avdin V. // SoftwareX – 2020. – T. 11 – C.100359.