

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
секция 2. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	
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
ТЕРМОАНАЛИЗ И КИНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РАЗЛОЖЕНИЯ ДВУХ АЗОКРАСИТЕЛЕЙ <i>Казантинова М.М., Шушпанов А.Н., Васин А.Я.</i>	98
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

УДК 614.835

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТИ КРАСИТЕЛЯ ОРАНЖ Ж

Терехова М.А., Шушпанов А.Н., Колосков С.А., Васин А.Я.

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

Аннотация: Для азокрасителя Оранж Ж установлена склонность к интенсивному экзотермическому превращению, осуществлен подход к уточнению справочных данных по температуре плавления (350 °С), рассчитана энтальпия образования в газовой фазе (–817 кДж/моль), энтальпии фазовых переходов плавления и испарения (–377 и –108 кДж/моль соответственно), энтальпия образования твердого вещества (–1302 кДж/моль), а также вычислена теплота сгорания (–16,67 МДж/кг). Выяснено, что пылевоздушная смесь азокрасителя пожаровзрывобезопасна.

Ключевые слова: кислотно-оранжевый, Оранж Ж, температура плавления, энтальпия образования, теплота сгорания.

THERMAL ANALYSIS AND DETERMINATION OF SOME FIRE AND EXPLOSION HAZARD INDICATORS ORANGE G

Terekhova M.A., Shushpanov A.N., Koloskov S.A., Vasin A.Ya.

Mendeleev University of Chemical Technology of Russia

Annotation: The propensity to intensive exothermic transformation has been established for the Orange G azo dye, an approach has been implemented to refine the reference data on the melting temperature (350 °C), the enthalpy of formation in the gas phase (–817 kJ/mol), the enthalpy of phase transitions of melting and evaporation (–377 and –108 kJ/mol, respectively), the enthalpy of solid formation (–1302 kJ/mol), and the heat of combustion (–16,67 MJ/kg) was calculated. It was found out that the dust-air mixture of azo dye is fire- and explosion-proof.

Keywords: acid orange, Orange G, melting point, enthalpy of formation, heat of combustion.

Красители повсеместно используются в нашей жизни. С их помощью человек окрашивает ткани, различные предметы и даже продукты питания, и именно поэтому необходимо следить за качеством выпускаемых красителей. Красители должны быть полностью безопасны в употреблении, безопасным должно быть и их производство. Значительную часть синтетических красителей составляет группа азокрасителей, которые синтезируются с выделением большого количества тепла. Кроме того, выпускные формы азокрасителей могут обладать пожаровзрывоопасностью.

Настоящая работа посвящена азокрасителю Оранж Ж (динатрий 7-гидрокси-8-[(Е)-фенилдиазенил]нафталин-1,3-дисульфонат). Его тривиальное название 1-(фенилазо)-2-нафтол-6,8-дисульфокислоты динатриевая кислота. Оранж Ж является продуктом синтеза анилина и Г-кислоты (7-гидрокснафталин-1,3-дисульфокислота), представляет собой порошок насыщенного оранжевого цвета. Применяется в лакокрасочной, полимерной промышленности и в полиграфической области. Эмпирическая формула $C_{16}H_{10}N_2Na_2O_7S_2$.

Молекулярная масса 452 моль. Массовые доли: С – 43%, Н – 2%, N – 6%, Na – 10%, O – 25%, S – 14%. Структурная формула вещества приведена на рис. 1.

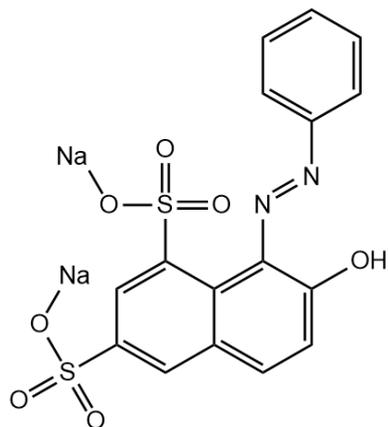


Рис.1. Структурная формула азокрасителя Оранже Ж

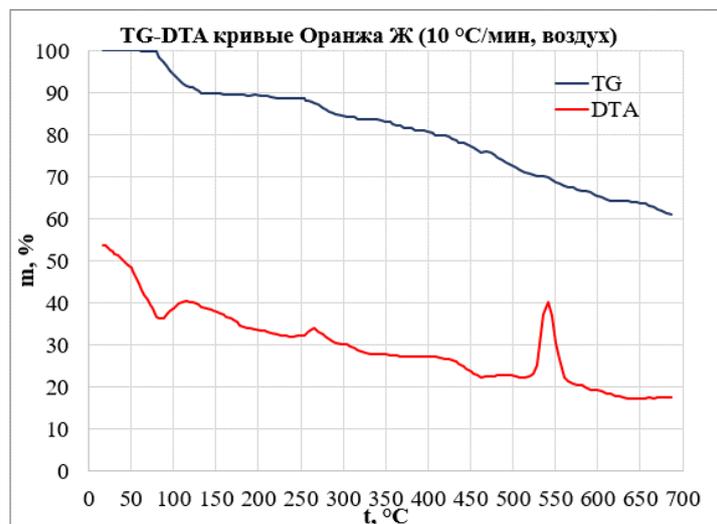


Рис. 2. TG-DТА кривые Оранже Ж в интервале температур 25–700 °С при скорости нагрева 10 °С/мин.

Оранже Ж Образец для исследования был предоставлен ассоциацией «ЦЕМЕСС», сравнительный образец был синтезирован на кафедре «Технологии тонкого органического синтеза и химии красителей» РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Перед началом исследований структурная формула Оранже Ж и чистота образца сравнения были подтверждены методом ИК-спектроскопии, выполненной в Центре коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева на ИК-Фурье-спектрометре Nicolet 380 FT-IR в рамках государственного контракта №13.ЦКП.21.0009. Расшифровку спектров проводили по справочнику [1]. Были обнаружены основные спектры поглощения для бензольных колец (1458 и 1494 см^{-1}), нафталина (1415 см^{-1}), гидроксигруппы (750 см^{-1}), азогруппы (1540 см^{-1}) и сульфонатной группы (1201 см^{-1}).

Далее был проведен термический анализ методом TG-DТА. Соответствующие кривые, полученные при скорости нагрева 10 °С/мин, представлены на рис. 2.

При исследовании Оранже Ж показал себя как термоустойчивое вещество, а проанализировав полученные данные, можно сделать предположение, что данный краситель является не чистым пигментом, а выпускной формой красителя, поскольку, как минимум, содержит некоторое количество влаги, обычно присутствующей в выпускных формах с целью обусловить хорошую сыпучесть и возможность создания непрерывного процесса окрашивания, устранив т.н. пыление. В интервале 79–143 °С потеря массы составила 10%. Можно сделать предположение о сопоставимом содержании воды в красителе, что не противоречит, например, свидетельству на изготовление выпускных форм азокрасителей SU 597698. Слабо выраженный экзотермический эффект начинается при 253 °С и достигает своей кульминации при 267 °С. Потеря массы в ходе этого процесса всего 5 %. В диапазоне 253–519 °С вещество продолжает терять массу и теряет 13 %, ярко выраженных эффектов на кривой DТА при этом не наблюдается. Следующий экзотермический эффект начинается при 519 °С, потеря массы при этом составляет 5 %. Общая потеря массы к концу эксперимента составила 39 %, в тигле по завершению испытания наблюдали плотный сажистый каркас с прозрачными вкраплениями, напоминающими мелкодисперсный силикагель.

Был рассчитан один из показателей пожаровзрывоопасности – теплота сгорания. Вычисления проводились по закону Гесса, руководствуясь справочным пособием [2]. Для осуществления данного подхода определялась энтальпия образования в газовой фазе и энтальпии фазовых переходов. Энтальпию образования в газовой фазе рассчитали с помощью программного комплекса ChemBio3D+MOPAC 2016 [3]. Наилучшие результаты для данного класса веществ дали гамильтонианы группы РМ6-, было получено среднее

значение энтальпии образования –817 кДж/моль.

Для подхода к расчету энтальпий образований Оранж Ж необходимо было уточнить температуры плавления и кипения. О температуре плавления невозможно было говорить однозначно, так как экспериментальные данные (капиллярный метод) не давали четкой картины, а справочные данные (CAS, Reaxys) указывали на явно заниженное значение в 141 °С. Дополнительно опыт на установке ОТП не подтвердил этих данных. Было выдвинуто предположение о совпадении температуры плавления с температурой разложения – ситуация, не уникальная для азосоединений [4]. Был проведен расчет в программе EPI Suite, который дал значение 350 °С. Температуру кипения также рассчитали в программе EPI Suite, она составила 837 °С.

Энтальпии плавления и кипения рассчитали по формулам Гамбилла и Кистяковского-Фиштайна соответственно, согласно работе [5]. Таким образом стало возможно рассчитать теплоту сгорания по закону Гесса. При данном расчете исходили из того, что среди продуктов сгорания будут обнаружены SO₂ и Na₂CO₃, аналогичный подход к веществам с группой –SO₃Na применялся в работе [4]. Далее расчет был проверен методом Коновалова-Хандрика [5]. В итоге были получены близкие значения, что говорит о корректности расчетов. Результаты расчетов и промежуточные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1. Теплоты сгорания Оранж Ж и промежуточные данные для их получения

t _{пл} , °С	t _{кип} , °С	ΔH _{f,г.ф.} кДж/моль	Энтальпия фазовых переходов		ΔH _{f,г.ф.} кДж/ моль	ΔH _{сг} , МДж/кг	
			ΔH _{пл} , кДж/моль	ΔH _{исп} , кДж/моль		по закону Гесса	по Коновалову- Хандрику
350	837	-817	377	108	-1302	-16,67	-16,39

Для образца была предпринята попытка найти нижний концентрационный предел распространения пламени в пылевоздушной смеси. Вещество оказалось пожаровзрывобезопасным (ПВБ), дав последовательные отказы при массе навески в форкамере взрывного цилиндра 2 г, что соответствует концентрации 500 г/м³. Результат объясним ингибирующей способностью групп –SO₃Na, общая доля которых в молекуле составляет 42 %, что вдвое превышает предел ингибирования для данной группы. Подробнее об этом см. в работе [6].

В настоящей работе был определен ряд показателей пожаровзрывоопасности азокрасителя Оранж Ж, но работу нужно продолжить с целью определения максимального спектра показателей пожаровзрывоопасности Оранж Ж.

Список литературы

1. Тарасевич Б.Н. ИК спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы / Б. Н. Тарасевич – Москва: МГУ имени М.В. Ломоносова, химический факультет, кафедра органической химии, 2012.– 55с.
2. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов. Руководство / – Москва: ВНИИПО, 2002.– 77с.
3. Васин А.Я. Пожаровзрывоопасность баклофена и его полупродуктов, полученных новым способом / Васин А.Я., Шушпанов А.Н., Гаджиев Г.Г. // Химическая промышленность сегодня – 2020. – № 2 – С.52–59.
4. Шушпанов А.Н. Пожаровзрывоопасность ряда нафтохинондиазидных фоторезистов: дис. кандидата технических наук: 05.26.03 / А. Н. Шушпанов – Москва: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2021.– 178с.
5. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ. - Москва: Химия, 1979, 416 с. / В. Т. Монахов – Москва: Химия, 1979.– 416с.
6. Васин А. Я. Взаимосвязь химического строения и пожаровзрывоопасности органических красителей, лекарственных средств и их аэрозвесей: дис. доктор технических наук: 05.17.07 – 2008.