

СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ V МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

ИВАНОВО, 14 ОКТЯБРЯ 2021 г.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИВАНОВСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ
МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»**

СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ V МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
ИВАНОВО, 14 ОКТЯБРЯ 2021 Г.**

MODERN FIRE-PROOF MATERIALS AND TECHNOLOGIES

**COLLECTION OF MATERIALS OF THE V INTERNATIONAL CONFER-
ENCE SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCES
IVANOVO, OCTOBER 14, 2021**

ИВАНОВО
2021

УДК 614.8

Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов V Международной научно-практической конференции. Иваново, 14 октября 2021 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – 562 с.

В сборник включены материалы V Международной научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». В сборнике рассмотрены вопросы исследования пожарной опасности веществ и материалов, зданий и сооружений, разработки современных способов снижения пожарной опасности; современные научно-технические достижения в области разработки систем противопожарной защиты объектов, систем и средств пожарной безопасности и спасения людей; проблемные вопросы развития системы технического регулирования в области пожарной безопасности, совершенствования системы стандартизации и сертификации материалов и технологий.

The collection includes materials of V International scientific-practical conference «Modern fireproof materials and technologies». The collection examines questions of the study of fire hazard of substances and materials, buildings and structures, development of modern methods to reduce fire hazard; modern scientific and technical achievements in the development of fire protection systems of objects, systems and means of fire safety and rescue; problem questions of development of system of technical regulation in the field of fire safety, improve the system of standardization and certification of materials and technologies.

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук, доцент Д. Б. Самойлов (председатель редколлегии)

д-р техн. наук, ст. науч. сотр. А. Л. Никифоров (заместитель
председателя редколлегии)

канд. техн. наук, доцент А. Х. Салихова

канд. хим. наук, доцент С. Н. Ульяева

канд. техн. наук, доцент Попов В.И.

канд. филол. наук Ю. В. Шмелева

© Ивановская пожарно-спасательная
академия ГПС МЧС России, 2021

УДК 544.454.032:615.011.4

Т. Х. До, Г. Г. Гаджиев, А. Я. Васин, А. Н. Шушпанов

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет

им. Д. И. Менделеева»

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К УДАРУ D-ЦИКЛОСЕРИНА, ТЕРИЗИДОНА И ИХ ПОЛУПРОДУКТА СИНТЕЗА

Определена чувствительность к удару теризидона, D-цикloserина и D-серина: получены критические параметры инициирования взрыва ударным воздействием, а также частоты взрывов в экспериментах со свободным и затрудненным истечением вещества. Показано, что образцы чувствительны к удару только при свободном истечении из-под роликов.

Ключевые слова: чувствительность, удар, взрыв, критические параметры, частота взрывов.

T. H. Do, G. G. Gadzhiev, A. Ya. Vasin, A. N. Shushpanov

SENSITIVITY TO IMPACT OF D - CYCLOSERINE, TERIZIDONE AND THEIR SEMI-PRODUCT OF SYNTHESIS

The sensitivity to impact of Terizidone, D-cycloserine and D-serine was determined: critical parameters of explosion initiation by impact action, as well as the frequency of explosions in experiments with free and hindered substance outflow were obtained. As a result of the research, it is shown that the samples are sensitive to impact only in the case of free outflow from under the rollers.

Key words: sensitivity, impact, explosion, critical parameters, frequency of explosions.

Пожаровзрывоопасные свойства теризидона, D-цикloserина и D-серина подробно исследованы в работах [1, 2]. Термический анализ в атмосфере воздуха показал наличие резких экзотермических пиков у первых двух веществ, интенсивность которых сохранилась и в инертной атмосфере. Такие вещества можно рассматривать как способные к самораспространяющемуся взрывчатому превращению без доступа кислорода воздуха [3]. У D-серина при температуре 180 °С начинается эндотермический эффект с резкой потерей массы (57 масс. %).

Потенциальная возможность развития теплового взрыва при производстве и применении теризидона и D-цикloserина делает актуальной задачу оценки их чувствительности к механическим воздействиям, в частности – к удару. Несмотря на отсутствие у D-серина экзотермических эффектов было принято решение исследовать и его, так как он является полупродуктом их синтеза.

Определение чувствительности веществ к удару проводилось методом критических давлений (МКД) [4, 5], а также по ГОСТ 4545-88 на вертикальном копре К-44-П.

Согласно МКД, изготавливались прессованные (под давлением 0,5 ГПа) таблетки различной толщины (h) от 0,1 до 1 мм, диаметром 10 мм, которые располагались между двумя цилиндрическими роликами такого же диаметра. Вместо стальной муфты для фиксации роликов использовалась муфта, выполненная из кальки. Затем готовая сборка устанавливалась на станину копра соосно с тензометрическим датчиком давления. Производилось сбрасывание груза массой 10 кг с высоты 50 см. Германиевый фотодиод ФД-10Г с областью спектральной чувствительности 0,5-1,75 мкм располагался рядом для фиксации вспышки. Сигналы с фотодиода и тензодатчика регистрировались двухканальным осциллографом PCS 500 с полосой пропускания 50 МГц.

На рис. 1 (а) представлена типичная осциллограмма для удара без взрыва, а на рис. 1 (б) – типичная осциллограмма со взрывом (нижний сигнал характеризует давление удара, верхний – сигнал фотодиода). Об отсутствии взрыва на первой осциллограмме свидетельствует слабый сигнал фотодиода, при ударе также отсутствовал звук взрыва. Второй удар сопровождался звуковым эффектом и фотодиод отчетливо зафиксировал вспышку при первом разрушении образца.

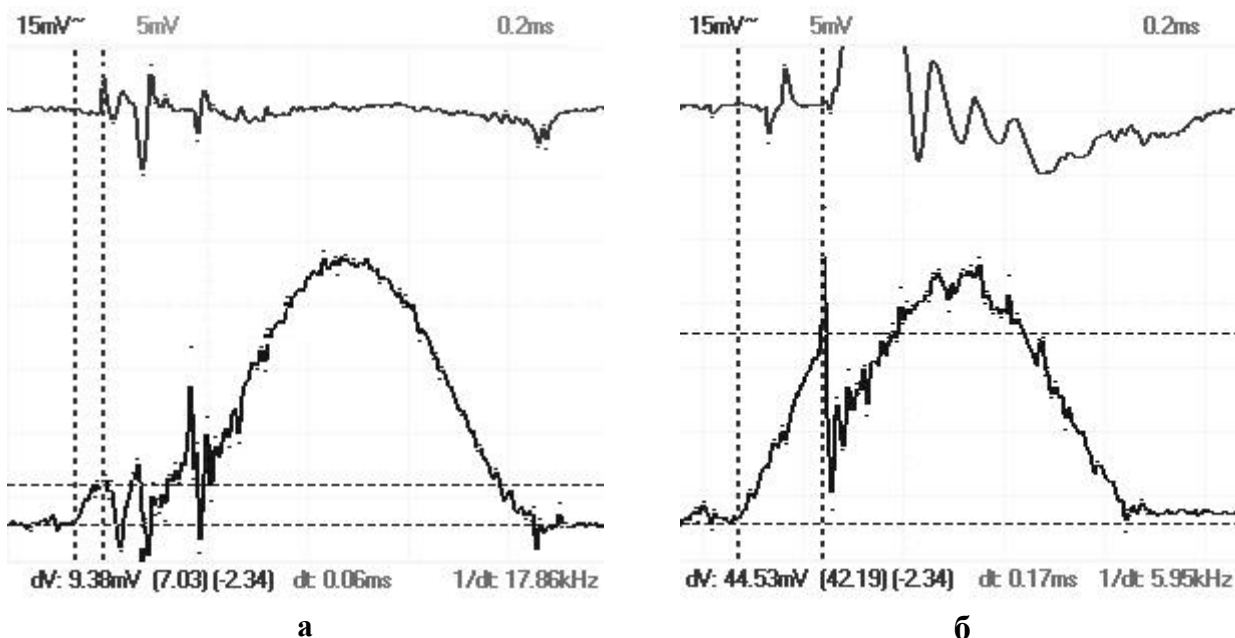


Рис. 1. Осциллограммы удара по теризидону: а) $m = 70$ мг, $h = 0,64$ мм, отказ, б) $m = 30$ мг, $h = 0,33$ мм, взрыв на первом сколе

Согласно МКД за отказ принимались также взрывы на втором и последующих сколах, т.к. для таких взрывов не удастся найти толщину таблетки, сформированной после разрушений. В табл. 1 представлены данные экспери-

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ:
V МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

ментов со значениями давлений, при которых происходило первое разрушение образцов (P) и прочностями образцов на сжатие (σ).

После ударов по теризидону и D-циклосерину, сопровождаемых взрывами на роликах оставались черные следы разложившихся образцов. После взрывов D-серина следов разложения замечено не было, и лишь на одном ролике было локальное небольшое почернение.

Таблица 1. Экспериментальные данные, полученные по методу критических давлений

m, мг	h, мм	Взрыв	V_{скола}, мВ	P, ГПа	σ, ГПа	$\sigma_{ср}$, ГПа
Теризидон						
10	0,14	взрыв	66,56	1,80	0,122	0,093
20	0,24	взрыв	46,41	1,25	0,139	
30	0,33	взрыв	44,53	1,21	0,177	
40	0,41	отказ	19,69	0,53	0,093	
50	0,47	отказ	19,22	0,52	0,102	
60	0,59	отказ	10,78	0,29	0,068	
70	0,64	отказ	9,38	0,25	0,063	
80	0,81	отказ	7,03	0,19	0,056	
90	0,89	отказ	7,03	0,19	0,060	
100	0,96	отказ	5,16	0,14	0,047	
D-циклосерин						
10	0,15	взрыв	54,84	1,39	0,100	0,106
30	0,28	взрыв	37,03	0,94	0,119	
40	0,32	взрыв	49,69	1,26	0,179	
50	0,39	отказ	17,34	0,44	0,074	
50	0,35	отказ	23,91	0,60	0,093	
60	0,54	отказ	12,19	0,31	0,067	
70	0,56	отказ	15,47	0,39	0,088	
80	0,68	отказ	17,81	0,45	0,118	
80	0,68	отказ	12,19	0,31	0,080	
90	0,90	отказ	12,20	0,31	0,098	
100	0,97	отказ	17,81	0,45	0,151	
D-серин						
10	0,14	отказ	72,19	1,81	0,123	0,145
20	0,20	взрыв	30,94	0,77	0,073	
20	0,17	отказ	42,19	1,06	0,086	
30	0,31	взрыв	50,16	1,26	0,174	
40	0,38	взрыв	42,19	1,06	0,174	
40	0,40	взрыв	56,72	1,42	0,244	
50	0,45	отказ	29,06	0,73	0,138	
50	0,47	отказ	32,81	0,82	0,161	
60	0,50	отказ	18,75	0,47	0,097	

m, мг	h, мм	Взрыв	V _{скола} , мВ	P, ГПа	σ, ГПа	σ _{ср} , ГПа
60	0,46	отказ	37,03	0,93	0,179	
70	0,61	отказ	18,75	0,47	0,113	
80	0,72	отказ	17,81	0,45	0,121	
90	0,74	отказ	28,59	0,72	0,199	
100	0,81	отказ	20,16	0,50	0,149	

При построении зависимости давлений разрушения образцов от толщины заряда используется среднее значение прочности образцов на сжатие (σ_{ср}). Сама зависимость имеет гиперболический характер:

$$P = \sigma_{ср} \cdot \left(1 + \frac{0,385 \cdot R}{h}\right),$$

где R – диаметр спрессованной таблетки (5 мм).

Зависимости давления разрушений от толщины зарядов представлены на рис. 2. Критические параметры (P_{кр} – критическое давление и h_{кр} – критическая толщина) определены в точках, в которых наблюдались переходы от разрушений со взрывом на первом сколе к разрушениям, на которых взрыва на первом сколе нет.

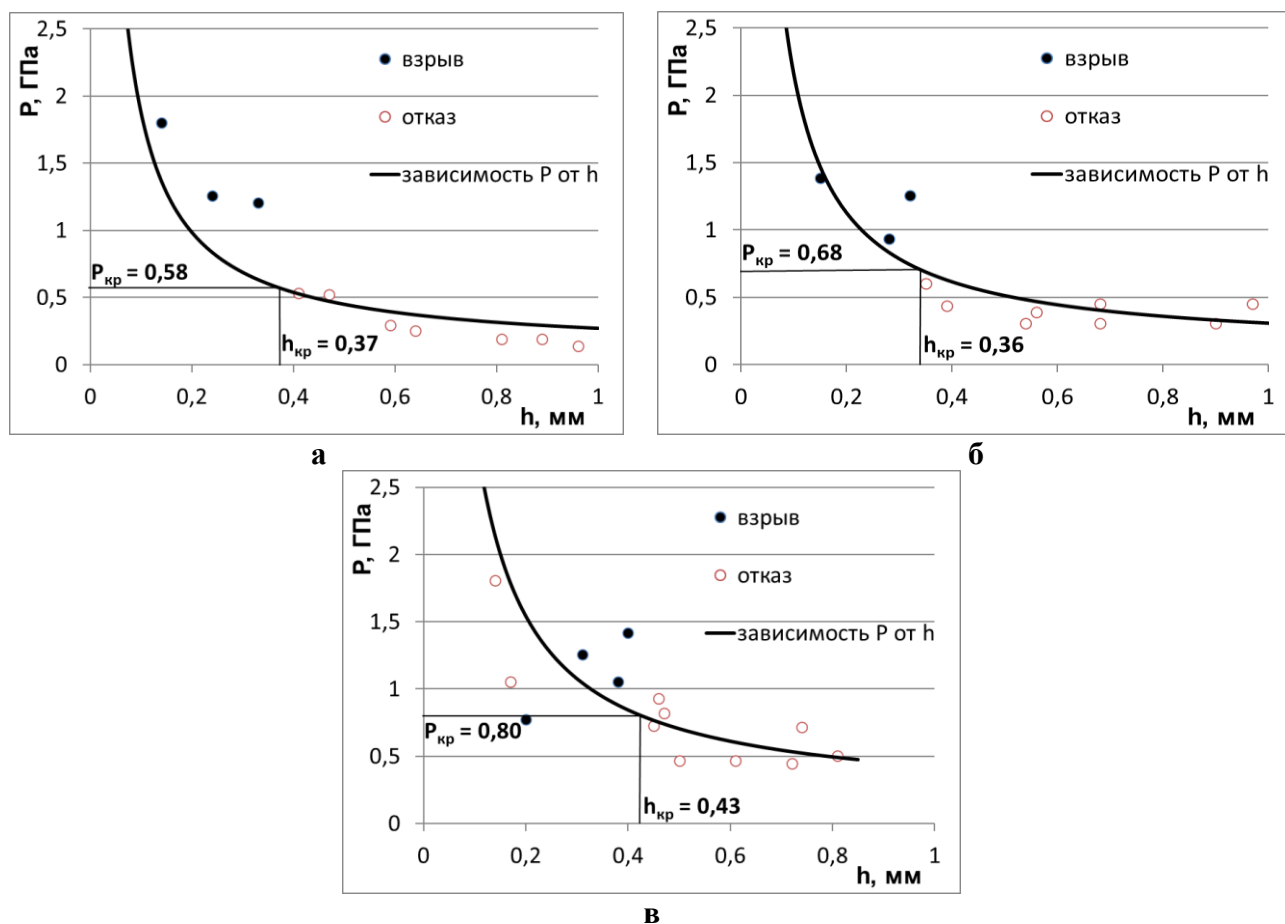


Рис. 2. Зависимости давлений разрушения образцов от толщины заряда:
а) теризидон, б) D-циclosерин, в) D-серин

Испытания на частоту взрывов по ГОСТ 4545-88 отличаются от проведенных по МКД высотой сбрасывания груза (25 см вместо 50 см) и отсутствием свободного истечения вещества из-под роликов, так как используется стальная муфта без зазора (прибор № 1). Кроме того, прессование образцов при определении частоты взрывов не производится, а масса навески фиксированная и составляет 50 мг. В данных условиях эксперимента из 25 ударов по каждому образцу не было получено ни одного взрыва, соответственно частота взрывов всех трех образцов при затрудненном истечении вещества оказалась равной нулю.

Также были проведены аналогичные испытания на частоту взрывов, но со свободным истечением вещества с использованием муфты из кальки. В результате из 10 ударов по каждому образцу были получены следующие значения частоты: теризидон – 10 %, D-циклосерин – 30 %, D-серин – 30 %. Все результаты сведены в табл. 2. При этом также как и в случае МКД у теризидона и D-циклосерина наблюдались следы разложения, а у D-серина – нет.

Таблица 2. Критические параметры и частоты взрывов

Вещество	P _{кр} , ГПа	h _{кр} , мм	Частота взрывов, %	
			Прибор № 1	Прибор № 2
Теризидон	0,58	0,37	0	10
D-циклосерин	0,68	0,36	0	30
D-серин	0,80	0,43	0	30

При свободном истечении вещества интенсивное трение между кристаллами приводит к локальным разогревам (образованию «горячих точек»), в которых происходит инициирование взрыва. При затрудненном истечении данные процессы протекают менее интенсивно. Это объясняет отсутствие взрывов в приборе № 1. Взрывоподобные процессы у D-серина связаны, возможно, с его разогревом до температуры 180 °С при которой происходит резкий переход в газообразное состояние, о чем можно судить по дериватограмме D-серина [1]. Однако, данный процесс эндотермический, а значит не способен к самораспространению, в отличие от процессов экзотермического разложения теризидона и D-циклосерина.

Чувствительность к удару теризидона и D-циклосерина необходимо учитывать при обеспечении безопасности производственных процессов, в частности на стадии дробления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожаровзрывоопасность D-циклосерина, теризидона и их полупродукта синтеза / А. Я. Васин, Т. Х. До, Г. Г. Гаджиев и др. // Химическая промышленность сегодня. — 2021. — № 1. — С. 28–33.

2. Термический анализ лекарственного препарата теризидон / *А. Я. Васин, Т. Х. До, Г. Г. Гаджиев* и др. // 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.

3. *Таубкин И. С.* Классификация веществ по их способности к взрывчатому превращению. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Вып. 11, — М.: ВИНТИ РАН, 1997. — С. 33-55.

4. *Дубовик А. В.* Чувствительность твердых взрывчатых систем к удару. — М.: Изд-во РХТУ им. Менделеева, 2011. 276 с.

5. *Афанасьев Г. Т., Боболев В. К.* Инициирование твердых взрывчатых веществ ударом. — М.: Наука, 1968. 174 с.

УДК 677.077

*А. В. Журко, В. В. Долговязов, Н. Р. Комарова,
А. К. Кузнецов, Д. Н. Охлопков, Н. Л. Чернова*
ООО научно-производственная фирма «Фабитекс»

ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С ОГНЕЗАЩИТНЫМИ ПОЛИМЕРНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ – НОВЫЕ ТКАНИ ДЛЯ ПОЖАРНЫХ

В статье приводятся данные об инновационных огне-термостойких и неогнеопасных текстильных материалах научно-производственной компании «Фабитекс»: материалах с огне-термозащитными дискретными покрытиями (МДП), термоогнестойких арамидных тканях, непрогораемых и неогнеопасных тканях с силиконовыми покрытиями. Представлены некоторые аспекты механизма огнезащитного действия МДП.

Ключевые слова: текстильные материалы, полимерные покрытия, огнестойкость, термостойкость, непрогораемость, термическое разложение.

*A. V. Zhurko, V. V. Dolgovyazov, N. R. Komarova, A. K. Kuznetsov,
D. N. Okhlopkov, N. L. Chernova*

TEXTILE MATERIALS WITH FIRE-RETARDANT POLYMER COATINGS – NEW FABRICS FOR FIREFIGHTERS

The article presents data on innovative fire-heat-resistant and non-flammable textile materials of the scientific and production company "Fabitex": materials with fire-thermal protective discrete coatings (MDC), thermo- and fire-resistant aramid fabrics, unburnable

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

<i>Абакумов А. В., Таратанов Н. А.</i> Установление очаговой зоны по результатам измерений скорости прохождения ультразвуковой волны	3
<i>Алексеева Н. А., Богатеев Г. Г., Гилязова А. Н., Миндубаева М. М.</i> Влияние природы полимеров и наполнителей на характеристики защитных покрытий	7
<i>Афанасьева А. С., Панкратова М. В.</i> Эффективность нанотехнологий в области противопожарной защиты	10
<i>Белобородова О. И., Гисмятов Р. Р., Никитина Э. Г., Шарипов А. Н.</i> Исследование влияния различных факторов на огне-стойкость теплоизоляционных материалов	14
<i>Богданова В. В., Кобец О. И., Шукело З. В.</i> Влияние природы модификаторов на огнезащитную эффективность составов для отделки полиэфирных тканей	21
<i>Гагиев Х. Э., Топоров А. В.</i> Исследование микроструктуры упрочняющего покрытия режущей части гидравлического аварийно-спасательного инструмента	24
<i>До Т. Х., Гаджиев Г. Г., Васин А. Я., Шушпанов А. Н.</i> Чувствительность к удару d-циклосерина, теризидона и их полупродукта синтеза	28
<i>Журко А. В., Долговязов В. В., Комарова Н. Р., Кузнецов А. К., Охлопков Д. Н., Чернова Н. Л.</i> Текстильные материалы с огнезащитными полимерными покрытиями – новые ткани для пожарных	33
<i>Журов М. М., Лямцев И. В., Рыжков М. Б.</i> Исследование дальности подачи огнетушащего порошкового состава	38
<i>Иванов И. Ю., Кондакова Я. А., Навроцкий О. Д.</i> Обзор основных характеристик пленкообразующих пенообразователей и способы их контроля	41
<i>Исмаилов И. Ш., Акулова М. В., Ульяева С. Н.</i> О пожарной опасности искусственных композиционных материалов	48
<i>Казантинова М. М., Шушпанов А. Н., Васин А. Я., Аносова Е. Б.</i> Определение кинетических параметров термоллиза гидрохлорида 5-аминолевулиновой кислоты	51
<i>Клементьев Б. А.</i> Определение требуемых пределов огнестойкости строительных конструкций стохастическим методом	56
<i>Колбашов М. А., Давиденко О. А., Филлипов Д. В., Елисеева Е. Е., Фетисов А. В., Комельков В. А.</i> Исследование реологических свойств смазочных масел с экологически чистыми присадками	61
<i>Коробейникова Е. Г.</i> Энергетические характеристики взрывного разложения аммиачной селитры	66
<i>Криворогова А. С., Ильиных С. А., Гельчинский Б. Р., Крашанинин В. А., Девяткин Н. О.</i> Применение плазмонапыленных комбинированных многокомпонентных покрытий в экстремальных условиях и агрессивных средах	71
<i>Ксенофонтов С. И., Васильева О. В., Ленаев А. Н.</i> Роль сажи в излучении пламени пиротехнических составов	75