

DOI: 10.24000/0409-2961-2022-3-14-19

УДК 622.235:622.272

© Коллектив авторов, 2022

Использование энергии пиросостава на основе нитрата аммония для безопасного разрушения бетонных блоков

Ж.А. Амир, аспирант, Д.А. Байсейтов, канд. хим. наук, ст. преподаватель, dauren_b91@mail.ru, А.С. Ахинжанова, аспирант (КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан), Т.А. Айсарова, учитель (КГУ «ОШ № 129», Алматы, Республика Казахстан), А.А. Приходько, учитель (КГУ «Лицей № 134», Алматы, Республика Казахстан)

Изучены пиросоставы на основе нитрата аммония для безопасного разрушения бетонных блоков. В качестве горючего использован отработанный полиэтилен. В результате исследований разработан пиросостав из 91 % нитрата аммония и 9 % полиэтилена, который можно использовать для направленного разрушения бетонных блоков или горных пород средней крепости с коэффициентом 3,5–4. Теоретически и практически подтверждены высокая эффективность и безопасность применения рассматриваемого пиросостава.

Ключевые слова: пиросостав, нитрат аммония, отработанный полиэтилен, безопасность, бетонный блок.

Для цитирования: Амир Ж.А., Байсейтов Д.А., Ахинжанова А.С., Айсарова Т.А., Приходько А.А. Использование энергии пиросостава на основе нитрата аммония для безопасного разрушения бетонных блоков // Безопасность труда в промышленности. — 2022. — № 3. — С. 14–19. DOI: 10.24000/0409-2961-2022-3-14-19

Введение

Бетон и железобетон широко применяются в мире для возведения различных сооружений. В ближайшее время эти материалы останутся наиболее популярными во многих странах. Довольно часто возникает необходимость демонтажа сооружений, сделанных из бетона. Сейчас общий способ решения указанной задачи — разрушение с применением отбойных молотков. Есть и другие методы: подрыв заряда взрывчатого вещества, электроимпульсное разрушение, ударное разрушение и др. Авторы предлагают использовать для этого газогенерирующие пиросоставы [1].

Один из наиболее распространенных окислителей — нитраты, относительная дешевизна которых и безопасность в обращении выделяют их из ряда других соединений. Нитраты имеют более низкую температуру кристаллизации, что обеспечивает максимальную температуру реакции с сохранением стабильности при взаимодействии с углеводородной средой [2].

Нитрат аммония (НА) представляет большой интерес в качестве окислителя. Этот дешевый реагент находит широкое применение в промышленных масштабах. В составах на основе перхлоратов [3, 4] в продуктах горения содержится большое количество экологически опасного хлористого водорода, поэтому в целях повышения безопасности в определенных случаях имеет смысл заменить его НА [5–8]. С помощью НА можно улучшить состав продуктов сгорания, практически исключив из него ядовитые газы — монооксид углерода и оксиды азота [9].

Представленное исследование посвящено разработке безопасных пиросоставов, которые применимы для раскалывания бетонного блока в щадящем режиме без дополнительных компонентов.

Поиск оптимальных составов выполнялся путем сопоставления результатов термодинамического моделирования и синхронного термического анализа (СТА) процесса разложения НА, в том числе в паре с отработанным полиэтиленом (ПЭ).

Термодинамическое моделирование

Термодинамическое моделирование проводили с помощью программы TDS. Она позволяет рассчитать термодинамические свойства сложных химически реагирующих или инертных систем различного элементного состава как в условиях полного термодинамического равновесия, так и с небольшой заморозкой. И реагенты, и продукты реакции могут быть разнофазными и многокомпонентными смесями, состоящими из веществ с различными агрегатными состояниями. В итоге определены все равновесные параметры, термодинамические свойства, а также фазовый состав продуктов и химические составы каждой из фаз, находящихся в продуктах [10, 11].

Для термодинамического моделирования горения решена Нр-задача методом экстремума характеристических функций, заложенным в программу TDS. Выбрана смесь НА с ПЭ при разных соотношениях горючего и окислителя. Содержание горючего варьировалось от 4 до 15 %. Расчеты проводили при атмосферном давлении. Определение температуры горения пиросоставов имеет большое значение, так как выступает критерием оценки существующих составов и облегчает создание новых, более совершенных.

Реакция горения двойной смеси NH_4NO_3 с ПЭ описывается уравнением:



Основные продукты реакции горения двойной смеси — H_2O , N_2 и CO_2 , что также подтвердилось при термодинамическом моделировании.

Содержание компонентов рассчитывали по формуле:

$$\begin{aligned} \%_{гор} &= M_{гор} / (M_{ок} + M_{гор}) \cdot 100; \\ \%_{ок} &= M_{ок} / (M_{ок} + M_{гор}) \cdot 100, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\%_{гор}$, $\%_{ок}$ — процентное содержание соответственно горючего и окислителя, %; $M_{гор}$, $M_{ок}$ — молярные массы соответственно горючего и окислителя, г/моль.

Молярные массы НА и ПЭ равны соответственно 80 и 28 г/моль. Рассчитаем их процентное содержание:

$$NH_4NO_3 = 6 \cdot 80 / (6 \cdot 80 + 28) \cdot 100 = 94;$$

$$(C_2H_4)_n = 28 / (6 \cdot 80 + 28) \cdot 100 = 6.$$

Таким образом, стехиометрической смесью НА и ПЭ является соотношение соответственно 94 и 6 масс. %.

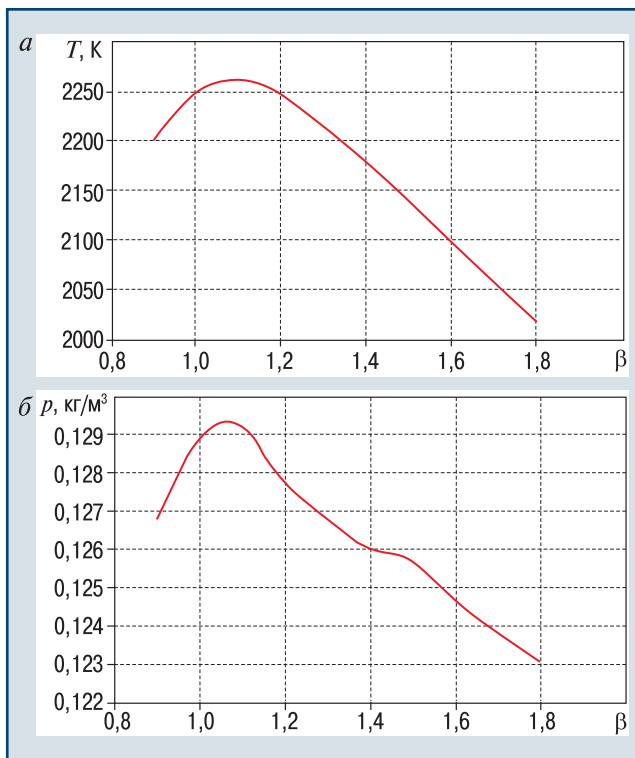
Результаты расчета температуры горения T и плотности выделяющихся при этом газообразных продуктов p приведены на рис. 1 в виде зависимостей от коэффициента избытка горючего β .

При стехиометрическом соотношении 91 % NH_4NO_3 и 9 % ПЭ (см. рис. 1, а) достигается максимальная температура горения около 2250 °С, а в районе небольшого избытка горючего наблюдается значительный выход продуктов горения (см. рис. 1, б).

Расчетный состав газообразных продуктов горения двойной смеси НА и ПЭ представлен в таблице. Она подтверждает, что основными продуктами реакции выступают H_2O , N_2 и CO_2 , следовательно, данный пиросо-став безопасен с экологической точки зрения, так как в продуктах горения отсутствуют ядовитые газы (монооксид углерода, оксиды азота и др.). Можно сделать вывод: оптимальный состав для безопасного разрушения бетонных блоков в ша-дющем режиме соответствует стехиометрической смеси НА и ПЭ.

Синхронный термический анализ

В настоящее время вызывает интерес применение термических методов анализа для исследования различных пиросоставов. Такой подход позволяет изучать образцы методом термогравиметрии (ТГ) в комплексе с дифференциальным термическим анализом (ДТА) или дифференциальной сканирующей калориметрией (ДСК). Одной из разновидностей ДСК выступает СТА,



▲ Рис. 1. Зависимости $T(a)$ и $p(b)$ от β в составе смеси НА и ПЭ при атмосферном давлении

▲ Fig. 1. Dependences of the $T(a)$ and $p(b)$ on the β in the composition of ammonium nitrate and polyethylene at atmospheric pressure

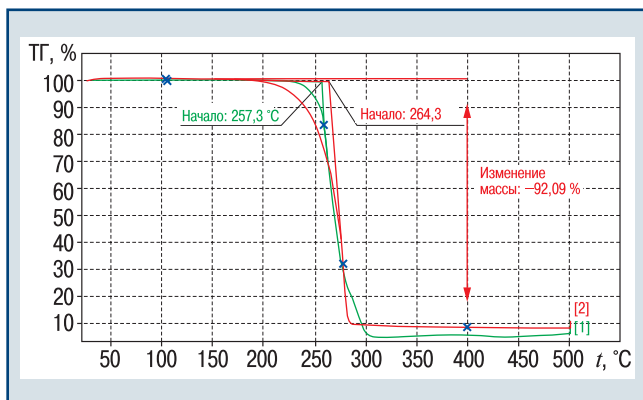
Продукты горения двойной смеси НА и ПЭ	Коэффициент β						
	0,90	1,00	1,09	1,19	1,29	1,39	1,49
	Содержание, %						
H_2O	61,67	61,45	60,77	59,63	58,22	56,69	55,100
N_2	27,11	26,89	26,60	26,24	25,84	25,43	25,010
H_2	0,57	1,07	1,91	3,06	4,40	5,81	7,250
CO	0,38	0,78	1,43	2,28	3,21	4,12	4,990
CO_2	7,79	8,18	8,27	8,13	7,90	7,65	7,420
NO_2	0,04	0,08	0,11	0,13	0,13	0,12	0,110
N_2O	0,65	0,64	0,52	0,37	0,25	0,16	0,100
NO	0,20	0,15	0,10	0,10	0,02	0,01	0,010
O_2	1,55	0,74	0,27	0,09	0,03	0,01	0,003

использование которого при работе с различными газогенерирующими составами пока недостаточно освоено. С помощью термических методов можно детально изучить процессы, протекающие при термическом воздействии на различные компоненты пиросоставов. При соответствующей обработке аналитических данных метод СТА эффективен не только при получении сравнительной информации, но и при установлении значений температур воздействия на состав.

Проведено множество исследований по термическому анализу НА [12–14]. Тем не менее поведение НА в смеси с ПЭ недостаточно изучено, поэтому постановка экспериментов в этой области остается важной задачей.

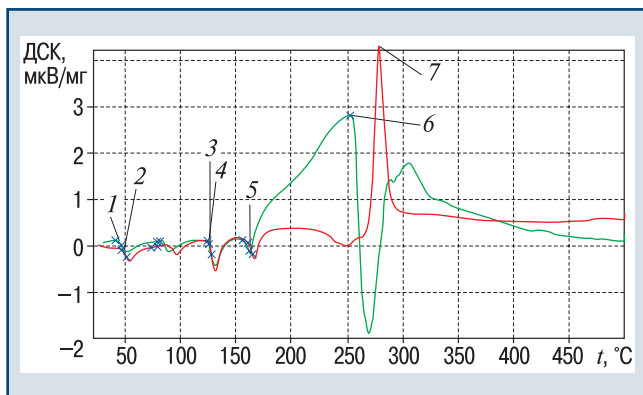
Для оценки влияния окислителя НА на энерговыделение композитных энергетических материалов исследовано термическое разложение НА и смеси НА с ПЭ методами ТГ и ДСК [15]. Для СТА образцов НА и смеси НА с ПЭ использован термоанализатор Netzsch STA 409 PC. Масса навески смеси НА с ПЭ составила 8,4 мг, чистого НА — 9 мг, скорость нагрева — 10 К/мин.

Полученные кривые ТГ и ДСК смеси НА с ПЭ обозначены зеленым цветом соответственно на рис. 2 и 3. Там же для сравнения приведены обозначенные красным кривые ДСК и ТГ чистого НА.



▲ Рис. 2. Кривая ТГ термического разложения НА с добавлением ПЭ при скорости нагрева 10 К/мин в среде азота

▲ Fig. 2. The thermogravimetry curve of the thermal decomposition of ammonium nitrate with the addition of polyethylene at a heating rate of 10 K/min in a nitrogen medium



▲ Рис. 3. Кривая ДСК термического разложения НА с добавлением ПЭ при скорости нагрева 10 К/мин в среде азота

▲ Fig. 3. Differential scanning calorimetry curve of thermal decomposition of ammonium nitrate with the addition of polyethylene at a heating rate of 10 K/min in a nitrogen medium

На кривой ТГ можно наблюдать постепенное снижение массы до 92,08 % первоначального значения. Известно, что при температуре 32–33 °С происходит переход НА из IV модификации в III [16]. Этим объясняется эндотермический пик при температуре 45,6–49,7 °С (точки соответственно 1 и 2, см. рис. 3).

В точке 3 при 127,2 °С происходит переход из II модификации в I, соответствующий эндотермическому пику при 125,9 °С (точка 4). Прямой переход во II и IV модификации затруднен из-за сравнительно большого термодинамического барьера [16]. При температуре 162,9 °С (точка 5) наблюдается третий эндотермический эффект, соответствующий плавлению НА. Четвертый эндотермический пик (точка 6, см. рис. 3) при 253,1 °С соответствует разложению НА. Выше 230 °С скорость разложения резко возрастает и при температуре около 300 °С проходит бурно. В интервале 200–250 °С протекает в основном слабозотермическая реакция разложения НА.

Необходимо отметить, что при проведении экспериментов по определению термокинетических параметров разложения НА и смеси НА с ПЭ остаточная масса в тигле составляет около 4–7 масс. % массы исходного образца.

При температуре около 279,7 °С (точка 7, см. рис. 3) наблюдается экзотермический пик, при котором происходит окисление ПЭ с большим энерговыделением, что свидетельствует о возможности использования данной пары веществ для решения поставленной авторами задачи.

Полигонные исследования

Практические испытания проводили в испытательной лаборатории ТОО «Экспертно-сертификационный центр взрывчатых материалов» в Усть-Каменогорске. Для изучения работоспособности исследуемого пиросостава изготовлен образец — бетонный куб с размером ребра 80 мм. В процессе заливки бетонной смеси в центре куба сделано сквозное отверстие диаметром 25 мм для размещения пиротехнического состава. Масса композиции 22 г, дальность разлета мелких фрагментов 0,01 м.

Прочность бетонного блока на сжатие составила 35 МПа. Для определения коэффициента крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова применена следующая формула:

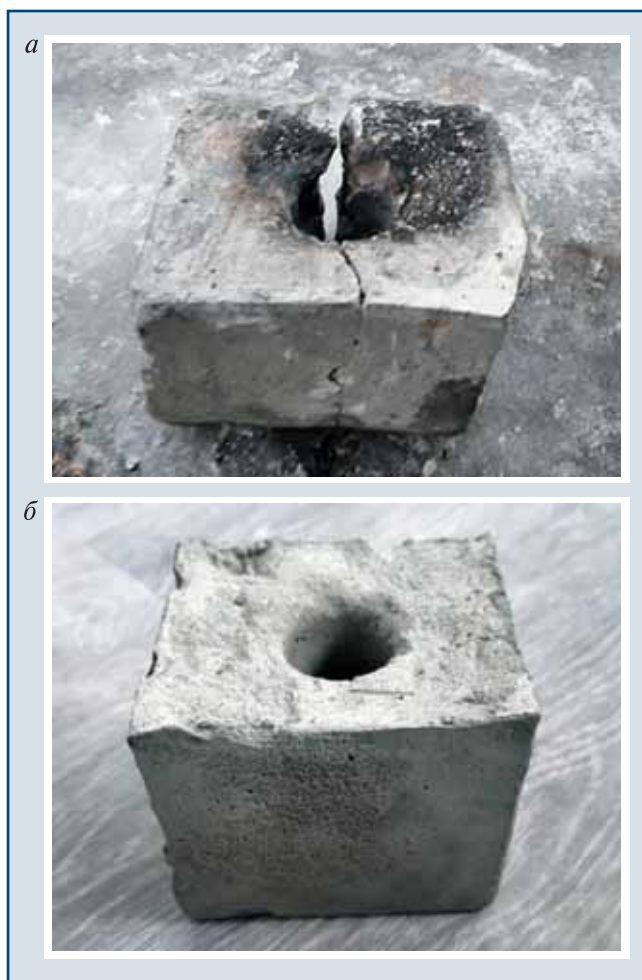
$$f = 0,1\sigma_{сж},$$

где $\sigma_{сж}$ — предел прочности на сжатие, МПа. Отсюда $f = 0,1 \cdot 35 = 3,5$ МПа. По шкале проф. М.М. Протодьяконова прочные бетоны имеют коэффициент крепости 3,5–4.

Бетонный блок, разрушенный пиросоставом из 91 % NH_4NO_3 и 9 % ПЭ, представлен на рис. 4.

В рамках серии полигонных испытаний после появления трещины инициирован пиросостав НА с ПЭ, в результате чего произошло разрушение бетонного блока, свидетельствующее об эффективном разложении НА в замкнутом пространстве. Бетонный блок разрушен без разлета мелких фрагментов, что свидетельствует о безопасности данного состава (см. рис. 4).

Поставлен ряд экспериментов с недостатком и избытком горючего, но нужный результат получен



▲ Рис. 4. Бетонный блок (образец) до испытаний (а) и после них (б)

▲ Fig. 4. Concrete block (sample) before testing (a) and after them (b)

только при стехиометрическом соотношении компонентов. Раскалывание бетона после высокотемпературного воздействия — основной показатель работоспособности теплового метода разрушения, поэтому для сравнительной оценки эффективности различных пиротехнических композиций предлагается использовать составы в стехиометрическом соотношении.

Заклучение

В результате проведенных работ создан пиростав из нитрата аммония (91 %) и полиэтилена (9 %), который можно использовать для направленного разрушения бетонных блоков или горных пород средней крепости с коэффициентом 3,5–4. Выполнено термодинамическое моделирование параметров горения пироставов для определения оптимального количества их исходных компонентов. Исследованы термодинамические характеристики процессов горения двойной смеси нитрата аммония с полиэтиленом. Установлено, что максимальные температура горения и плотность газов достигаются при соблюдении стехиометрии. Для изучения термического поведения составов проведен синхронный

термический анализ с использованием термогравиметрии и дифференциального термического анализа. Предлагаемый пиростав безопасен с экологической точки зрения, в продуктах реакции практически отсутствуют ядовитые газы, такие как монооксид углерода и оксиды азота.

В ходе полигонных испытаний подтверждены эффективность и безопасность использования пироставов при разрушении бетонного блока, которое происходило без разлета отдельных фрагментов, формирования и распространения ударной воздушной волны.

Список литературы

1. Абдуллин И.А., Микрюков К.В., Харитонов О.Ю. Использование тепловых составов для разрушения железобетонных конструкций// Вестник Казанского технологического университета. — 2006. — № 6. — Ч. 2. — С. 156–163.
2. Концепция разработки рецептуры и технологии изготовления ЭМВВ с высокой детонационной способностью/ О.Ф. Мардасов, В.П. Глинский, Н.К. Шалыгин и др.// Взрывное дело. — 2008. — № 99–56. — С. 162–170.
3. Kohga M., Handa S. Thermal Decomposition Behaviors and Burning Characteristics of Composite Propellants Prepared Using Combined Ammonium Perchlorate/Ammonium Nitrate Particles// Journal of Energetic Materials. — 2018. — Vol. 36. — Iss. 1. — P. 93–110. DOI: 10.1080/07370652.2017.1316794
4. Study of Pyrotechnic Blue Strobe Compositions Based on Ammonium Perchlorate and Tetramethylammonium Nitrate/ D. Juknelevicius, A. Dufter, M. Rusan et al.// European Journal of Inorganic Chemistry. — 2017. — № 7. — P. 1113–1119. DOI: 10.1002/EJIC.201601486
5. Исследование и разработка компонентов газогенераторных составов на основе нитрата аммония для повышения безопасности производства взрывных работ/ Д.А. Байсейтов, М.И. Тулепов, Ж.А. Амир и др.// Безопасность труда в промышленности. — 2021. — № 11. — С. 47–52. DOI: 10.24000/0409-2961-2021-11-47-52
6. Development of gas-generator chemical cartridges working in the mode of non-explosive destructive mixture/ M.I. Tulepov, S.E. Gabdrashova, N.M. Rakhova et al.// Rasayan Journal of Chemistry. — 2018. — Vol. 11. — № 1. — P. 287–293. DOI: 10.7324/RJC.2018.1112013
7. Development and investigation of pyrotechnic gas generating burning compositions/ M. Tulepov, D. Baiseitov, L. Sassykova et al.// Journal of Chemical Technology and Metallurgy. — 2018. — Vol. 53. — № 2. — P. 281–288.
8. Денисюк А.П., Е Зо Тве, Черных С.В. Исследование закономерностей горения порохов с нитратом аммония// Успехи в химии и химической технологии. — 2007. — № 7. — С. 119–123.
9. Денисюк А.П., Е Зо Тве, Чжан Хуэй Кунь. Горение энергетических композиций на основе активных связующих с нитратом аммония различной дисперсности// Вестник Казанского технологического университета. — 2007. — № 3–4. — С. 142–147.
10. Estimating Chemical Conversion Rates for Composite Explosives on the Basis of Experimental Data on Pseudo-Ideal

Detonation/ B.S. Ermolaev, A.A. Shevehenko, A.Y. Dolgoborodov, I.V. Maklashova// Russian Journal of Physical Chemistry B. — 2019. — Vol. 13. — № 1. — P. 145–155.

11. *Модели уравнений состояния продуктов и методика термодинамического моделирования детонации/ С.Б. Виктор, С.А. Губин, И.В. Маклашова, В.И. Пепекин// Ядерная физика и инжиниринг. — 2010. — Т. 1. — № 1. — С. 80–96.*

12. *Investigation of Combustion and Thermal analysis of ammonium nitrate with carbonaceous materials/ M.K. Atamanov, N. Itouyama, T. Shotaro et al.// Combustion Science and Technology. — 2016. — Vol. 188. — Iss. 11–12. — P. 2003–2011. DOI: 10.1080/00102202.2016.1220143*

13. *Синогина Е.С. Изучение воспламенения горения высокоэнергетических материалов на основе бесхлорных окислителей: дис. ... канд. физ.-мат. наук. — Томск, 2006. — 142 с.*

14. *Байсейитов Д.А. Применение газогенераторных дефлаграционных патронов на основе аммиачной селитры при добыче блочного камня// Химические технологии функциональных материалов: материалы III Междунар. Российско-Казахстанской науч.-практ. конф. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. — С. 187–189.*

15. *Boldyrev V.V. Thermal decomposition of ammonium perchlorate// Thermochimica Acta. — 2006. — Vol. 443. — № 1. — P. 1–36. DOI: 10.1016/j.tca.2005.11.038*

16. *Chaturvedi S., Dave P.N. Review on Thermal Decomposition of Ammonium Nitrate// Journal of Energetic Materials. — 2013. — Vol. 31. — Iss. 1. — P. 1–26. DOI: 10.1080/07370652.2011.573523*

dauren_b91@mail.ru

Материал поступил в редакцию 13 января 2022 г.

«Bezопасnost Truda v Promyshlennosti»/ «Occupational Safety in Industry», 2022, № 3, pp. 14–19.
DOI: 10.24000/0409-2961-2022-3-14-19

Use of the Pyrocomposition Energy based on the Ammonium Nitrate for Safe Destruction of the Concrete Blocks

Zh.A. Amir, Candidate

D.A. Bayseytov, Cand. Sci. (Chem.), Senior Lecturer,
dauren_b91@mail.ru

A.S. Akhinzhanova, Candidate

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan

T.A. Aysarova, Teacher

CSI CS № 129, Almaty, Republic of Kazakhstan

A.A. Prikhodko, Teacher

CSI Lyceum № 134, Almaty, Republic of Kazakhstan

Abstract

The article is devoted to the development and research of the pyrocompositions based on the ammonium nitrate for safe destruction of the concrete blocks. Ammonium nitrate was chosen as the oxidizer for the pyrocompositions. The choice is primarily due to its low cost and low sensitivity to the mechanical and detonation effects. In addition, ammonium nitrate has a significantly lower content of harmful compounds in combustion products compared

to the analogues. Waste polyethylene was used as a fuel. Its use contributes to arranging processing of the synthetic waste, which occupies vast areas and pollutes the environment

Based on the research results, the pyrocomposition was developed from 91 % of ammonium nitrate, and 9 % of polyethylene. Composition can be used for directed destruction of the concrete blocks or rocks of medium strength with a coefficient of 3.5–4 on the Protodyakonov scale. Thermodynamic characteristics were studied related to the combustion processes of a binary mixture of ammonium nitrate and polyethylene. It is established that the maximum combustion temperature and gas density are achieved when the stoichiometry is observed. Using thermodynamic modeling in the TDS program, the gas composition of the reaction products was calculated. The main components are carbon dioxide, water vapor and nitrogen. Poisonous gases such as carbon monoxide and nitrogen oxides are practically absent.

Field experiments on destruction of the concrete blocks were carried out. Performed studies and practical tests showed high efficiency and safety of the use of the developed pyrotechnical compositions.

Key words: pyrocomposition, ammonium nitrate, waste polyethylene, safety, concrete block.

References

1. Abdullin I.A., Mikryukov K.V., Kharitonova O.Yu. Use of thermal compositions for the destruction of reinforced concrete structures. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of Kazan Technological University*. 2006. № 6. Part 2. pp. 156–163. (In Russ.).

2. Mardasov O.F., Glinskiy V.P., Shalygin N.K., Babintseva V.V., Isakova L.V. Concept of developing a recipe and manufacturing technology for high-detonation emulsion explosives. *Vzryvnoye delo = Explosion technology*. 2008. № 99–56. pp. 162–170. (In Russ.).

3. Kohga M., Handa S. Thermal Decomposition Behaviors and Burning Characteristics of Composite Propellants Prepared Using Combined Ammonium Perchlorate/Ammonium Nitrate Particles. *Journal of Energetic Materials*. 2018. Vol. 36. Iss. 1. pp. 93–110. DOI: 10.1080/07370652.2017.1316794

4. Juknelevicius D., Dufter A., Rusan M., Klapötke T.M., Ramanavicius A. Study of Pyrotechnic Blue Strobe Compositions Based on Ammonium Perchlorate and Tetramethylammonium Nitrate. *European Journal of Inorganic Chemistry*. 2017. № 7. pp. 1113–1119. DOI: 10.1002/EJIC.201601486

5. Bayseytov D.A., Tulepov M.I., Amir Zh.A., Orazbaev A.E., Tursynbek S. Study and Development of the Components of Gas Generator Compositions Based on the Ammonium Nitrate to Improve Blasting Operations. *Bezопасnost truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2021. № 11. pp. 47–52. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2021-11-47-52

6. Tulepov M.I., Gabdrashova S.E., Rakhova N.M., Sassykova L.R., Baiseitov D.A., Elemesova Z., Korchagin M.A., Sendivilan S., Pustovalov I.O., Mansurov Z.A. Development of gas-generator chemical cartridges working in the mode of non-explosive destructive mixture. *Rasāyan Journal of Chemistry*. 2018. Vol. 11. № 1. pp. 287–293. DOI: 10.7324/RJC.2018.1112013

7. Tulepov M., Baiseitov D., Sassykova L., Kazakov Y., Gabdrashova S., Mansurov Z., Dalton A. Development and investiga-

tion of pyrotechnic gas generating burning compositions. Journal of Chemical Technology and Metallurgy. 2018. Vol. 53. № 2. pp. 281–288. (In Russ.).

8. Denisyuk A.P., E Zo Tve, Chernykh S.V. Investigation of the regularities governing the combustion of propellants with ammonium nitrate. *Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii = Advances in Chemistry and Chemical Technology*. 2007. № 7. pp. 119–123. (In Russ.).

9. Denisyuk A.P., E Zo Tve, Chzhan Khuey Kun. Combustion of energy compositions based on the active binders with ammonium nitrate of various dispersion. *Vestnik kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of Kazan Technological University*. 2007. № 3–4. pp. 142–147. (In Russ.).

10. Ermolaev B.S., Shevchenko A.A., Dolgoborodov A.Y., Maklashova I.V. Estimating Chemical Conversion Rates for Composite Explosives on the Basis of Experimental Data on Pseudo-Ideal Detonation. Russian Journal of Physical Chemistry B. 2019. Vol. 13. № 1. pp. 145–155.

11. Viktorov S.B., Gubin S.A., Maklashova I.V., Pepekin V.I. Models of the equations of the products state and methods of the detonation thermodynamic modeling. *Yadernaya fizika i inzhiniring = Nuclear Physics and Engineering*. 2010. Vol. 1. № 1. pp. 80–96. (In Russ.).

12. Atamanov M.K., Itouyama N., Shotaro T., Amrousse R., Tulepov M.I., Kerimkulova A.R., Hobosyan M., Hori K., Martirosyan K.S., Mansurov Z.A. Investigation of Combustion and Thermal analysis of ammonium nitrate with carbonaceous materials. *Combustion Science and Technology*. 2016. Vol. 188. Iss. 11–12. pp. 2003–2011. DOI: 10.1080/00102202.2016.1220143

13. Sinogina E.S. Study of combustion ignition of high-energy materials based on the chlorine-free oxidizers: thesis ... Candidate of Technical Sciences. Tomsk, 2006. 142 p. (In Russ.).

14. Bayseytov D.A. Use of gas generator deflagration cartridges based on the ammonium nitrate at the block stone extraction. *Khimicheskie tekhnologii funktsionalnykh materialov: materialy III Mezhdunar. Rossiysko-Kazakhstanskoy nauch.-prakt. konf. (Chemical technologies of the functional materials: Materials of the III scientific-practical conference)*. Novosibirsk: Izd-vo NGTU, 2017. pp. 187–189. (In Russ.).

15. Boldyrev V.V. Thermal decomposition of ammonium perchlorate. *Thermochimica Acta*. 2006. Vol. 443. № 1. pp. 1–36. DOI: 10.1016/j.tca.2005.11.038

16. Chaturvedi S., Dave P.N. Review on Thermal Decomposition of Ammonium nitrate. *Journal of Energetic Materials*. 2013. Vol. 31. Iss. 1. pp. 1–26. DOI:10.1080/07370652.2011.573523

Received January 13, 2022

По страницам научно-технических журналов

март 2022 г.

Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России (научно-аналитический журнал)

Таранцев А.А., Сытдыков М.Р., Поташев Д.А. О пожароопасности некоторых типов автомобилей. — 2021. — № 1. — С. 1–8.

Представлены краткий обзор и классификация автомобилей в зависимости от их характеристик — функционального назначения, вида силовой установки, топлива, шасси. Приведены примеры разных типов автомобилей и их схем. Даны основные рекомендации в части тушения пожаров автомобилей, в том числе с учетом взрывопожароопасности автомобилей с газобаллонными двигателями. Сделан вывод о необходимости разработки специального документа в части рекомендаций по тушению пожаров автомобилей различных типов.

Моторьгин Ю.Д., Акимова А.Б. Декомпозиция факторов, влияющих на развитие горения автотранспортных средств в закрытых автостоянках. — 2021. — № 1. — С. 9–16.

Рассмотрены физико-химические процессы развития горения автомобилей и распространения пожара на закрытых автостоянках. Проведен анализ факторов, влияющих на распространение пожара на территории автостоянок закрытого типа. Они классифицированы по трем признакам: по расположению

автомобилей на закрытых автостоянках, по характеристикам автостоянок закрытого типа и по наличию и исправности систем пожаротушения, которые применяются на территории автостоянок закрытого типа. Полученные результаты могут быть использованы для создания моделей анализа пожарной безопасности на автостоянках закрытого типа.

Андрюшкин А.Ю., Мещеряков С.А., Кадочникова Е.Н. Экспериментальное определение технологических параметров механической обработки полимерных композиционных материалов и их влияние на взрывопожарную опасность. — 2021. — № 1. — С. 45–51.

Предложена методика экспериментального определения зависимости скорости резания от параметров резания при токарной обработке. Представлены результаты экспериментального определения этой зависимости при токарной обработке углепластика.

Лупанова А.В. Алгоритм поддержки принятия решений при управлении подготовкой специалистов в сфере безопасности. — 2021. — № 3. — С. 177–182.

Изложена суть внедрения риск-ориентированного подхода в систему поддержки управления подготовкой специалистов в образовательных организациях высшего образования в сфере безопасности. Представлен алгоритм поддержки принятия решений при планировании мероприятий в части подготовки обучающихся. Приведена динамика показателей результативности процессов, оказывающих наибольшее влияние на становление компетентного специалиста, при практическом применении описанного алгоритма.