

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 6, Number 414 (2015), 41 – 47

DEVELOPMENT OF GAS-GENERATING DEFLAGRATION PYROTECHNIC COMPOSITION FOR THE DESTRUCTION OF REINFORCED CONCRETE BLOCKS

**Z. A. Mansurov¹, M. I. Tulepov¹, Y. V. Kazakov¹, A. N. Djubanshkalieva¹,
D. A. Baiseitov¹, A. N. Temirgalieva¹, Alan B. Dalton²**

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

²University of Surrey, Department of Physics, Guildford, Surrey GU27XH, United Kingdom.

E-mail: acel-@mail.ru; dauren_b91@mail.ru

Keywords: combustion, smokeless powder, colloxylin, pyrotechnic composition.

Abstract. Fordamage or cracking hard objects (reinforced or reinforced concrete blocks) in the construction of the subway, building of tunnels type of block stone or rockblocks gently in order to avoid the disadvantages associated with the use of conventional explosives it can be used reaction of deflagration combustion that is rapid combustion specially selected fuel. The burning rate of the deflagration reaction is around 340 mm/sec, lower than that of the explosive, the explosive substance involved in the reaction with the combustion velocity of detonation speed of sound. To destroy objects above-holesis drilled along the line of the planned separation, with addition into drilled holes charges of liquid and solid pyrotechnic oxidants and combustible additives. For break reinforced concrete constructions pyrotechnic composition based on smokeless powder, magnesium, colloxylin and alkali metal nitrate was developed at Institute Combustion Problems working in a low-speed detonation.Mixture of smokeless powder and magnesium in various proportions was taken as a basis of gas-generating composition. In order to impart required properties alkali metal nitrate was added to the mixture of smokeless powder-Mg-colloxylin. Colloxylin was taken as a cementitious component and was added to composition for reducing burning rate. The mixture was molded and subjected for drying at temperature 25°C for 168 hours. Flash point of composition was determined by thermocouple method, it is 78°C.After reaction qualitative and quantitative analysis of released in the process of combustion of gases was determined by the method of gas chromatography. Developed composition smokeless powder-Mg-colloxylin has good gas generating properties.

**РАЗРАБОТКА ГАЗОГЕНЕРАТОРНОГО
ДЕФЛАГРАЦИОННОГО ПИРОТЕХНИЧЕСКОГО СОСТАВА
ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ**

**3. А. Мансуров¹, М. И. Тулепов¹, Ю. В. Казаков¹, А. Н. Джубаншкалиева¹,
Д. А. Байсейтов¹, А. Н. Темиргалиева¹, Алан Б. Дальтон²**

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

²Суррейский Университет, Физический Факультет, Гилфорд, СуррейGU27XH, Великобритания

Ключевые слова: горение, бездымный порох, коллоксилин, пиротехнический состав.

Аннотация. Для разрушения или раскалывания жестких объектов (бетонных или железобетонных блоков) при строительстве метро, туннелестроении, блочного камня или скальных блоков в щадящем режиме с целью избежать недостатков, связанных с использованием обычных взрывчатых веществ, может быть использована реакция дефлаграционного горения, то есть быстрого горения специальным образом подобранных пиротехнических составов. Скорость горения в реакции дефлаграции находится в пределах 340 м/с ниже, чем у взрывчатых веществ при низкоскоростной детонации. Для разрушения объекта пробуруются шпурсы вдоль линии планируемого отрыва, с вводом в пробуренные шпурсы зарядов жидких и твердых пиро-

технических окислителей и горючих добавок. Для разрушения железобетонных конструкций в Институте проблем горения был разработан пиротехнический состав на основе бездымного пороха, магния, коллоксилина и нитрата щелочного металла, работающего в режиме низкоскоростной детонации. В качестве основы газогенерирующего состава была взята смесь бездымного пороха и магния в различных пропорциях. Для придания требуемых свойств в состав бездымный порох – Mg – коллоксилин был введен нитрат щелочного металла. В качестве вяжущего и для снижения скорости горения в состав был введен коллоксилин. Смесь формовали и подвергли сушке при температуре 25°C в течение 168 часов. Методом термопары была выявлена температура вспышки состава, которая равна 78°C. После реакции методом газовой хроматографии был определен качественный и количественный анализ выделившихся в процессе горения газов. Разработанный состав бездымный порох – Mg – коллоксилин-MeNO₃ обладает приемлемыми газогенерирующими свойствами.

Вследствие увеличения объемов строительных работ в Казахстане в условиях "уплотнительной" застройки-разборки старых железобетонных конструкций, а также для строительных и демонтажных работ в условиях мерзлоты в зимний период времени на севере Казахстана и на юге в горной местности, когда воздействие сейсмических или воздушных ударных волн, присущих промышленным взрывчатым веществам, появляется необходимость во внедрении "тихих", несейсмичных технологий [1].

Для этих целей применяются газогенераторные химические патроны (ГХП) [2-13].

В газогенераторных патронах используются взрывчатые вещества в смеси с окислителем (например, NoneX – это смесь бездымного пороха с аммиачной селитрой). Процесс использования этих зарядов представляет собой не детонацию, а дефлаграционное горение, не создающую дробления и ударных волн [14].

Выбор компонентов был обусловлен различными факторами. Как известно из литературы, для горения бездымного пороха не требуется дополнительный кислород, магний и нитрат щелочного металла увеличивают энергетические характеристики пиросостава, а горение коллоксилина происходит при скоростях равные скоростям дефлаграции. Явление дефлаграции может быть использовано в газогенераторах, где необходима, сравнительно с детонацией, невысокая скорость нарастания давления [15, 16].

В процессе строительных, копательных, демонтажных работ целесообразным будет применение газогенераторных патронов, принцип действия которых относительно прост: при инициировании происходит скоростное сгорание газогенерирующей смеси с выделением большого количества газов, которые создают необходимые для откола монолита усилия по линиям концентрации напряжений (по линии шпурков) [17-20].

Экспериментальная часть

Нами исследовались различные составы, горения которых переходило в низкоскоростную детонацию. Для снижения скорости горения в газогенерирующий состав был введен коллоксилин. В результате исследований был разработан пиротехнический состав: Магний = 50%, Порох бездымный = 30%, Коллоксилин = 20%. Результаты исследований показаны на рисунке 1.

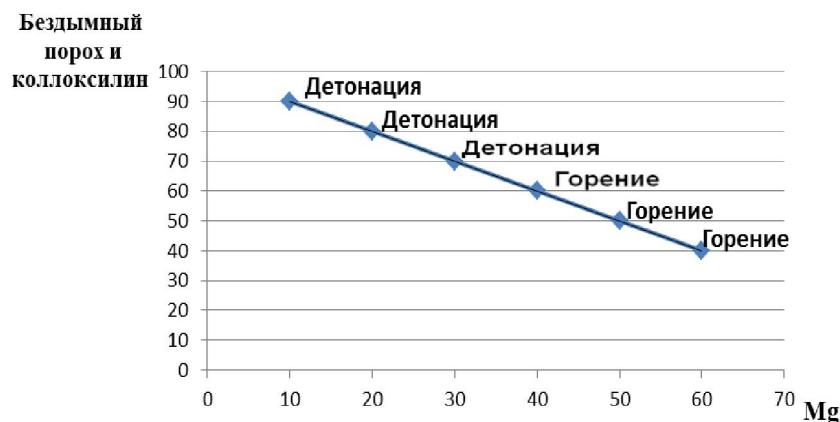


Рисунок 1 – Результаты исследований зависимости процентного соотношения горючего и окислителей

Результаты также сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты исследований зависимости процентного соотношения горючего и окислителей

№ п/п	Магний металлический, %	Бездымный порох и коллоксилин, %	Результаты
1	10	45+45	Детонация
2	20	45+35	Детонация
3	30	35+35	Детонация
4	35	30+35	Горение
5	40	30+30	Горение
6	50	30+20	Горение
7	60	20+20	Горение

Как видно из рисунка 1 и таблицы 1, в зависимости от процентного соотношения компонентов в смеси были получены различные результаты. Детонация происходила при содержании 10% магния и 90% пороха и коллоксилина в сумме.

Требуемые физико-химические параметры горения происходили при 50% содержании магния металлического и 30 % содержании пороха бездымного и 20 % коллоксилина.

Описание экспериментов. При исследованиях в качестве основы газогенерирующего состава была взята смесь бездымного пороха и магния в различных пропорциях. Для определения соотношения бездымного пороха и Mg для составления основы газогенераторной смеси бездымный порох и Mg были взяты в следующих соотношениях соответственно: 1:1, 7:3, 1:9. В результате горение состава №1 сопровождалось ярким световым эффектом, реакция прошла энергично. Горение состава №2 было энергичным, но свечения было меньше. Горение состава №3 было хуже, чем в случае №1 и №2. Оптимальным соотношением бездымного пороха и Mg было принято соотношение 1:1. Для придания требуемых свойств в состав бездымный порох – Mg – коллоксилин был введен нитрат щелочного металла. Коллоксилин использовался как вяжущее и придавал составу водоустойчивость. Смесь формовали и подвергли сушке при температуре 25°C в течение 168 часов. Соотношение компонентов состава следующее:

Компонент	масс., %
Бездымный порох	25
Mg	25
Коллоксилин	25
MeNO ₃	25

Данный состав горит лучше, чем предыдущий (без нитрата металла). Для проверки окислительных способностей состава был изготовлен состав MeNO₃ : Mg : бездымный порох в соотношении 1:1:1. Смесь детонировала. На рисунке 2 приведена фотография процесса детонации состава.



Рисунок 2 –
Горение пиросостава в режиме детонации

Результаты и их обсуждения

Методом термопары была выявлена температура вспышки состава, которая равна 78°C. Методом газовой хроматографии был проведен качественный и количественный анализ выделившихся в процессе горения газов, данные которых приведены в таблицах 2, 3 и на рисунке 3 по органическим составляющим, и в таблицах 4, 5 и на рисунке 4 по неорганическим составляющим.

Таблица 2 – Расчет по компонентам органических газов

Время, мин	Компонент	Площадь	Высота	Концентрация	Единица концентрации	Кол-во
2,666	Метан	0,560	1,737	0,000000	мл	1
3,071	Этан	28,701	11,960	0,000011	мл	1
3,248	Этилен	2,282	1,316	0,000001	мл	1
3,399	Пропан	28,564	11,648	0,000006	мл	1
5,039	Изобутан	18,043	5,584	0,000003	мл	1
6,026	Бутан	22,704	5,925	0,000003	мл	1

Таблица 3 – Расчет по группам органических газов

Группа	Площадь	Высота	Концентрация	Единица концентрации	Количество компонентов
	101,383	38,169	0,000024	Мл	6

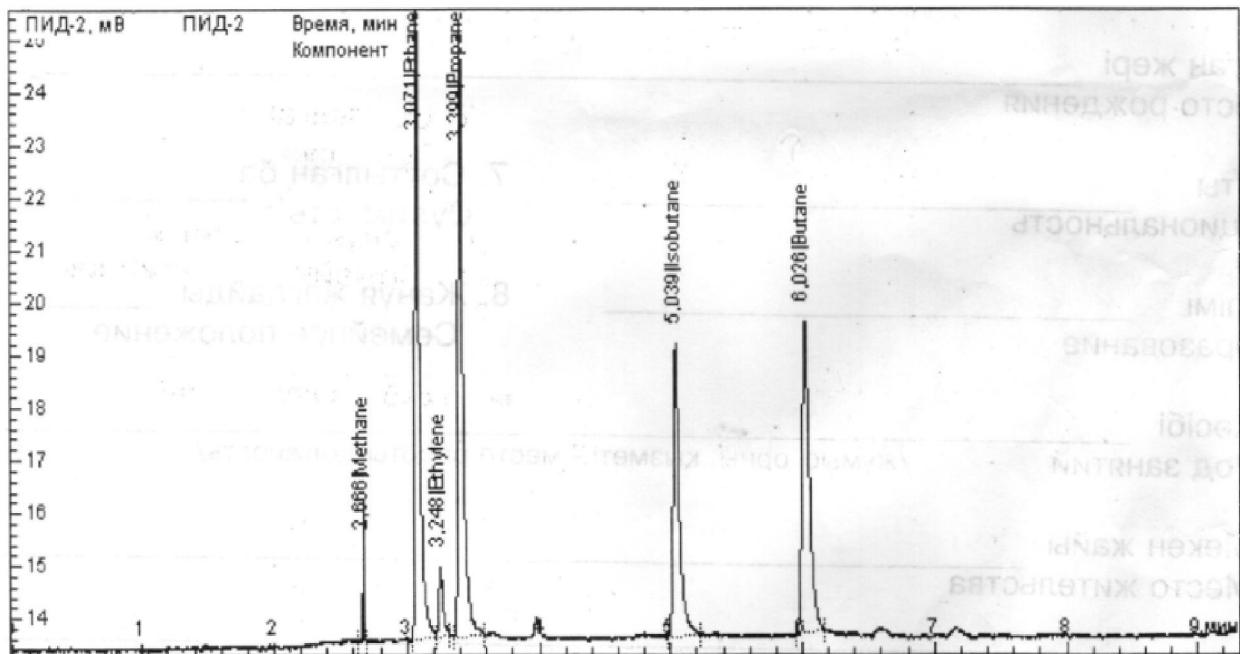


Рисунок 3 – Хроматограмма органических газов, выделившихся в процессе горения

Таблица 4 – Расчет по компонентам неорганических газов

Время, мин	Компонент	Площадь	Высота	Концентрация	Единица концентрации	Кол-во
2,0000	Азот	39018,163	2117,056	0,77180	мл	1
1,186	Водород	13,953	1,902	0,04715	мл	1
1,693	Кислород	8778,712	1011,930	0,17007	мл	1

Таблица 5 – Расчет по группам неорганических газов

Группа	Площадь	Высота	Концентрация	Единица концентрации	Количество компонентов
	47810,827	3130,899	0,98902	Мл	3

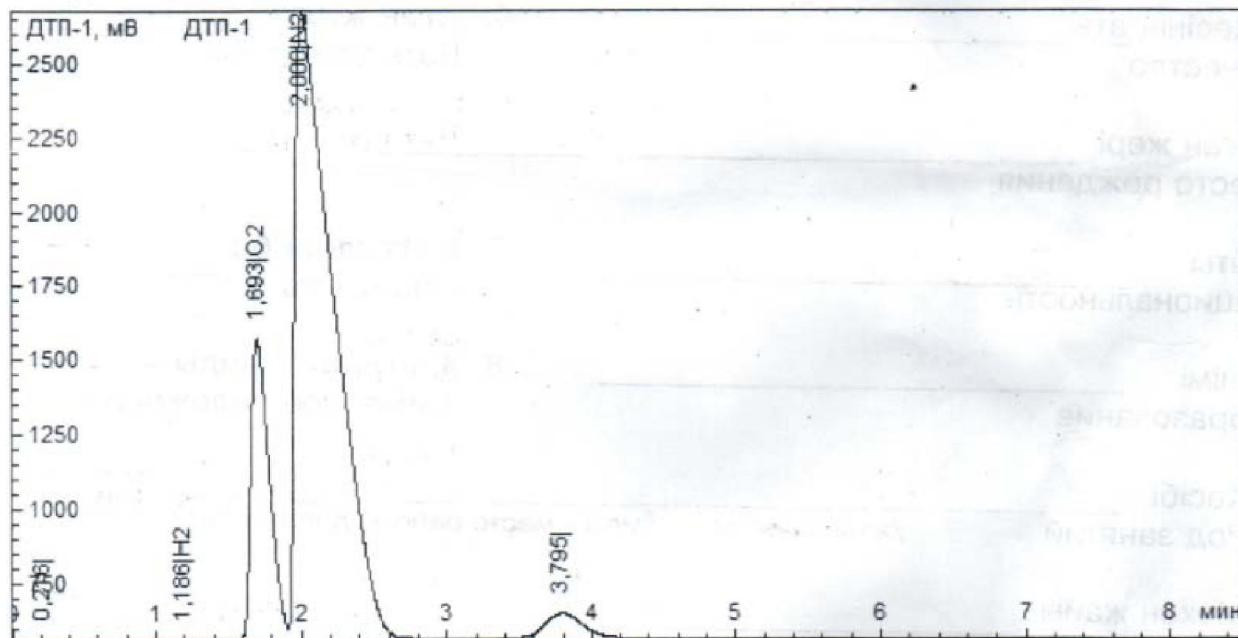
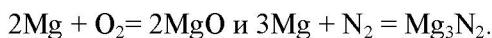


Рисунок 4 – Хроматограмма неорганических газов, выделившихся в процессе горения

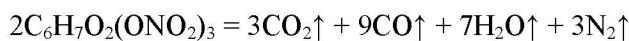
Из данных газовой хроматографии следует, что выброс вредных газов незначителен, таким образом можно сказать, что данный газогенераторный состав относительно безопасен с экологической точки зрения. По продуктам горения можно приблизительно описать процесс горения пиротехнического состава нижеприведенными химическими реакциями. Температура горения магния – 2200°C. Одновременно образуется и нитрид магния:



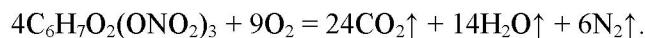
При сильном нагревании (выше 500-600°C) нитраты щелочных металлов разлагаются с выделением кислорода: $2\text{MeNO}_3 = 2\text{MeNO}_2 + \text{O}_2 \uparrow$ или с выделением кислорода и диоксида азота:



Основным компонентом бездымного пороха и коллоксилина является нитроцеллюлоза. Теплота сгорания пироксилиновых порохов около 3250-4000 кДж/кг, температура горения 2500-3100 К.



на воздухе будет проходить дожигание и уравнение будет выглядеть так:



Заключение. Разработанный химический газогенераторный состав: бездымный порох – Mg – коллоксилин-MeNO₃, обладающий приемлемыми газогенерирующими свойствами, мощности, которой достаточно для разрушения железобетонных блоков при прочности бетона 30 МПа. Состав безопасен с экологической точки зрения и может применяться для разрушения твердых тел в стесненных условиях города.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Природный камень. Добыча блочного и стенового камня: Учебное пособие / Ю. Г. Карапасев, Н. Т. Бака; Санкт-Петербургский горный ин-т. СПб., 1997. – 428 с.
- [2] Патент на изобретение RU № 2456443/ 20, 20.07.2012.
- [3] Патент на изобретение RU № 2423339/19, 10.07.2011.
- [4] Патент на изобретение KZ № 13338 / 8, 15.08.2003.
- [5] Патент на изобретение RU № 2138630/27, 27.09.1999.
- [6] Патент на изобретение RU № 2139423/ 10.10.1999.
- [7] Патент на изобретение KZ № 13446/ 9, 15.09.2003.
- [8] Патент на изобретение RU № 2075597/ 20.03.1997.
- [9] Алтухов О.И. Термодинамический расчет температуры и состава продуктов горения пиротехнических газогенерирующих зарядов для наддува порошковых огнетушителей [Текст] О.И.Алтухов, В.В.Фрыгин // Вестн. Сам. гос. техн.ун. Сер.физ. –мат.науки, №3, 2011. С.143-148.
- [10] Алтухов О.И. Горение пиротехнических газогенерирующих составов и разработка устройств для средств пожаротушения [Текст] / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук, Самара, 2012.
- [11] Березуев Ю.А., Евграфов Л.В., Кундыщев М.В. ГДП – перспективный инструмент для проведения уникальных строительно-демонтажных работ // Физические процессы горного производства, Вестник КПДУ им. Михаила Остроградского. -2007. -Т.5, часть 1.-С. 101-103.
- [12] Березуев Ю.А., Ейбог М.А., Кутузов Б.Н., Митрофанов А.Г. Новые средства и технологии отделения от массива и пассивировки блочного камня // Сбор.матер.междунар-практ.конф. «Горное дело-2000». Промышленная безопасность и эффективность новых технологий в горном деле. – М.: МГТУ, 2000. – С.572-576.
- [13] Березуев Ю.А., Головин Е.В., Заярный В.П., Кундыщев М.В. Газогенератор давления шпуровой – сейсмо-безопасная экологичная технология демонтажа //Современные ресурсоэнергосберегающие технологии горного производства. – 2011.-Выпуск 2. –С. 78-85.
- [14] Газогенератор давления шпуровой ТУ 7275 -002-46242932-2002, С-Пб., НПК «Контех», 2002.
- [15] Газогенератор хлоратный патронированный (ТУ 7275-001-55254696-03), 2003.
- [16] Агафонов Н.Н. Шадящие технологии добычи ценного кристалло-сырья. / Учебное методическое пособие, М.: Недра, 1993 г.
- [17] Котов Л.Р., Куценко Г.П., Кулакевич Я.С. Шланговые заряды для раскалывания гранитных блоков. Москва, 7-11.09.1999.
- [18] Лигоцкий Д.Н. Потери гранита при добыче и обработке. - Проблемы теории проектирования карьеров. Межвуз. сб. науч. тр., 1995, С.-Петербург. С.75-76.
- [19] Горстя.Г. Пороха и взрывчатые вещества / А.Г. Горст. – М.: Оборонгиз, 1957. – 181 с.
- [20] Ганопольский М.И. Методы введения взрывных работ. Специальные взрывные работы // Взрывное дело.-М.:Издательство МГТУ, 2007. –С. 281-282.

REFERENCES

- [1] Natural stone. Extraction of block and wall stone: Y.G.Karasev, N.T.Baka; St.Petersburg mining institute. Spb, 1997. 428 p.(in Russ.).
- [2] Patent RU № 2456443/ 20, 20.07.2012.
- [3] Patent RU RU № 2423339/19, 10.07.2011.
- [4] Patent KZ № 13338 / 8, 15.08.2003.
- [5] Patent RU № 2138630/27, 27.09.1999.
- [6] Patent RU № 2139423/ 10.10.1999.
- [7] Patent KZ № 13446/ 9, 15.09.2003.
- [8] Patent RU № 2075597/ 20.03.1997.
- [9] Altuhov O.I. *Vestnik Sam.gos.teh.un, Ser.fiz-mat nauki*, 2011, 3, 143-148. .(in Russ.).
- [10] Altuhov O.I. *Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni kandidata himicheskikh nauk*, Samara, 2012. .(in Russ.).
- [11] Berezuev Y.A., Evgrafov L.V., Kundyshev M.V. Fizicheskie protsessi gornogo proizvodstva. *Vestnik KPDU imeni Mihaila Ostrogradskogo*, 2007, 5, part 1, 101-103. .(in Russ.).
- [12] Berezuev Y.A., Eibog M.A., Kutuzov B.N., Mitrofanov A.G. *Mining-2000. Industrial safety and effectiveness of new technologies in mining*. M.: MGGU, 2000, 572-576. (in Russ.).

- [13] Berezuev Y.A., Golovin E.V., Zayarniy V.P., Kundyshev M.V. *Sovremennye resursy osberegaiushie tekhnologii gornogo proizvodstva*, **2011**, 2, 78-85. .(in Russ.).
- [14] Borehole pressure gas generator TU 7275 -002-46242932-2002, S-Pb., NPK:Konteh, **2012**. .(in Russ.).
- [15] Gas generator chlorate cartridge (TU 7275-001-55254696-03), **2003**. .(in Russ.).
- [16] Agafonov N.N. *Sparing technologies of extraction of valuable raw crystal*.M.: Nedra, **1993**. .(in Russ.).
- [17] Kotov L.R., Kutsenko G.P., Kulakevich Ya.S. *Airline charges for splitting of granite blocks*, Moskva, **1999**. .(in Russ.).
- [18] Ligotski D.N. *Loss of soil mining and processing, Problems of the theory of design quarries*, Sankt-Peterburg, **1995**. 75-76. .(in Russ.).
- [19] Gorst A.G. Gunpowder and explosives. M.:Oborongiz, **1957**,181 p.(in Russ.).
- [20] Ganopolski M.I. *Vzryvnoe delo*. M.: Izdatelstvo MGGU, **2007**, 281-282. .(in Russ.).

ТЕМІРБЕТОНДЫ БЛОКТАРДЫ БҰЗУ ҮШІН ГАЗОГЕНЕРАТОРЛЫҚ ДЕФЛАГРАЦИОНДЫ ПИРОТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАМДЫ ЖАСАУ

**3. А. Мансуров¹, М. И. Тулепов¹, Ю. В. Казаков¹, А. Н. Джубаншакалиева¹,
Д. А. Байсайтов¹, А. Н. Теміргалиева¹, Алан Б. Далтон²**

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

²Суррей университеті, Физикалық факультет, Гилдфорд, СуррейGU27XH, Ұлыбритания

Тірек сөздер: жану, тұтінсіз оқ-дәрі, коллоксилин, пиротехникалық құрам.

Аннотация. Қарапайым жарылғыш заттарды колданумен байланысты туындайтын кемшіліктерден арылу мақсатында нашар режимде блогты тастар немесе жартасты блогтар типіндегі туннель құрылышында, метро құрылышы кезінде қатты обектерді жару немесе бұзу үшін дефлаграциялық жану реакциясы, яғни арнайы таңдалған отынның тез жануы қолданылуы мүмкін. Дефлаграция реакциясындағы жану жылдамдығы тәменжылдамдықты детонация кезінде шамамен 340 м/с, жарылғыш затқа қарағанда тәмен. Объектті бұзу үшін дефлаграцияны қолданудың тәсілдерінің бірі бұрғыланған теспелерге, алдын-ала ойластырылған детонациялық емес жану реакцияларына қатысатындағы етіп таңдалып алынған сұйық және қатты пиротехникалық тотықтырғыштар мен жанғыш қоспалардың зарядтарын қою арқылы болжамдалған жыртып алу сыйық бойымен теспені. Темірбетонды конструкцияларды бұзу үшін тәменжылдамдықты детонация режимінде жұмыс істейтін тұтінсіз оқ-дәрі, магний, коллоксилин және сілтілік метал нитраты негізіндегі пиротехникалық құрам Жану проблемалары институтында жасалынды. Газогенераторлық құрамның негізі ретінде түрлі қатынастардағы тұтінсіз оқ-дәрі мен магний қоспасы алынды. Тұтінсіз оқ-дәрі – Mg – коллоксилин құрамына қажетті қасиеттерді беру мақсатында құрамға сілтілік металдың нитраты қосылды. Байланыстырғыш ретінде және жану жылдамдығын тәмендету мақсатында құрамға коллоксилин қосылды. Қоспаға форма берілді және 25°C температурада 168 сағат бойы кептірілді. Құрамның жарқылдау температурасы термокұп әдісімен анықталды, ол 78°C болды. Реакциядан кейін жану процесінде белгілі газдардың сапалық және сандық анализі газды хроматография әдісімен анықталды. Жасалынған тұтінсіз оқ-дәрі – Mg – коллоксилин–MeNO₃ құрамы қажетті газогенераторлық қасиеттерге ие.

Поступила 03.12.2015г.