

(19)



Евразийское  
патентное  
ведомство

(21) 202390244 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2023.04.04

(51) Int. Cl. C06B 21/00 (2006.01)  
C06B 31/02 (2006.01)  
C06B 31/28 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2021.07.27

(54) ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ ФАЗОСТАБИЛИЗИРОВАННОГО НИТРАТА АММОНИЯ

(31) 2020902693

(72) Изобретатель:

(32) 2020.07.31

Гор Джефф, Грэхэм Брайан (AU)

(33) AU

(74) Представитель:

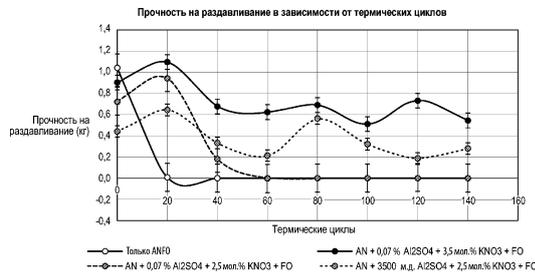
(86) PCT/AU2021/050812

(87) WO 2022/020884 2022.02.03

(71) Заявитель:

ДИНО НОБЕЛЬ ЭЙЖА ПАСИФИК  
ПТИ ЛИМИТЕД (AU)

(57) Предложены взрывчатые вещества на основе фазостабилизированного нитрата аммония (PSAN), содержащие гранулы PSAN и горючий компонент. Гранулы PSAN содержат нитрат аммония, соль калия и неорганический агент, повышающий пористость.



202390244

A1

A1

202390244

## ВЗРЫВЧАТЫЕ ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ ФАЗОСТАБИЛИЗИРОВАННОГО НИТРАТА АММОНИЯ

### ПЕРЕКРЕСТНАЯ ССЫЛКА НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

[0001] В настоящей заявке испрашивается приоритет по предварительной заявке на патент Австралии № 2020902693, озаглавленной «PHASE-STABILIZED AMMONIUM NITRATE EXPLOSIVES», поданной 31 июля 2020 г., которая включена в данный документ в полном объеме посредством ссылки.

### ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

[0002] Настоящее изобретение, в целом, относится к взрывчатым веществам. Более конкретно, настоящее изобретение относится к взрывчатым веществам на основе фазостабилизированного нитрата аммония (PSAN).

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

[0003] Варианты осуществления, раскрытые в данном документе, станут более очевидными из приведенного ниже описания и прилагаемой формулы изобретения, взятых вместе с сопровождающими графическими материалами.

[0004] На Фиг. 1 проиллюстрирован график, показывающий прочность на раздавливание в зависимости от термических циклов взрывчатой смеси нитрата аммония и нефтяного топлива (ANFO), изготовленной с использованием обычных гранул нитрата аммония (AN), и ANFO, изготовленной с использованием иллюстративных гранул PSAN.

[0005] На Фиг. 2 проиллюстрирован график, показывающий температуру гранул PSAN по сравнению с обычными гранулами LDAN при циклировании в печи.

[0006] На Фиг. 3 проиллюстрирован график, показывающий время, необходимое для нагревания гранул PSAN до 50 °C, в сравнении с обычными гранулами LDAN.

[0007] На Фиг. 4 проиллюстрирован график, показывающий время, необходимое для охлаждения гранул PSAN от 50 °C, в сравнении с обычными гранулами LDAN.

[0008] На Фиг. 5 проиллюстрирован график, показывающий ДСК обычных гранул LDAN.

[0009] На Фиг. 6 проиллюстрирован график, показывающий ДСК гранул PSAN.

## ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

[00010] В данном документе описаны взрывчатые вещества на основе фазостабилизированного нитрата аммония (PSAN) вместе с соответствующими способами. Было обнаружено, что гранулы PSAN, содержащие неорганический агент, повышающий пористость, например, сульфат алюминия, обладают термической стабильностью даже в присутствии горючего компонента.

[00011] Термоциклирование нитрата аммония (AN) выше и ниже около 32 °C приводит к изменениям кристаллической фазы. Термоциклирование гранул AN приводит к расширению и сжатию гранул AN при каждом соответствующем изменении кристаллической фазы. Изменения кристаллической фазы AN также происходят при других температурах, как показано в таблице 1.

Таблица 1. Кристаллические фазы AN

Система	Температура (°C)	Структура	Изменение объема (%)
	>169,6	жидкость	
I	от 169,6 до 125,2	кубическая	-2,1
II	от 125,2 до 84,2	тетрагональная	+1,3
III	от 84,2 до 32,3	$\alpha$ -ромбическая	-3,6
IV	от 32,3 до -16,8	$\beta$ -ромбическая	+2,9
V	-16,8	тетрагональная	

[00012] Механизм расширения и сжатия гранул AN может отрицательно повлиять на целостность и/или стабильность гранул AN. Например, расширение и сжатие могут привести к: i) ослаблению гранул AN; ii) увеличению образования мелкой фракции AN (например, гранулы AN могут разрушаться); iii) увеличению ломкости гранул AN; и/или iv) увеличению проникновения влаги в гранулы AN. Эти характеристики или эффекты могут способствовать слеживанию гранул AN, что может привести к проблемам с обработкой и обращением, потере сыпучести и/или несоответствию продукта спецификации. Это относится к гранулам AN, смешанным с жидким горючим компонентом, например, помимо прочего, с дизельным топливом № 2.

[00013] Любые описанные в данном документе способы включают одну или более стадий или действий для выполнения описанного способа. Стадии способа и/или действия могут быть взаимозаменяемыми. Другими словами, если для правильной работы варианта осуществления не требуется определенного порядка стадий или действий, то порядок

и/или использование конкретных стадий и/или действий может быть изменен. Кроме того, дополнительные процедуры или только часть описанного в данном документе способа могут представлять собой отдельный способ в пределах объема этого раскрытия изобретения. Другими словами, некоторые способы могут включать только часть из стадий, описанных в более подробном способе.

[00014] В этом описании ссылка на «один вариант осуществления» или «вариант осуществления» означает, что конкретный признак, структура или характеристика, описанные в отношении варианта осуществления, включены по меньшей мере в один вариант осуществления. Таким образом, цитируемые фразы или их варианты, приведенные в этом описании, не обязательно все относятся к одному и тому же варианту осуществления.

[00015] Как отражено в приведенной ниже формуле изобретения, аспекты изобретения заключаются в комбинации менее чем всех признаков любого из вышеприведенных раскрытых вариантов осуществления. Соответственно, пункты формулы изобретения, следующие за этим подробным описанием, таким образом, прямо включены в данное подробное описание, при этом каждый пункт формулы изобретения является отдельным вариантом осуществления. Данное раскрытие изобретения включает все перестановки независимых пунктов формулы изобретения с их зависимыми пунктами формулы изобретения.

[00016] Упоминание в формуле изобретения термина «первый» в отношении признака или элемента не обязательно подразумевает существование второго или дополнительного такого признака или элемента. Специалистам в данной области будет очевидно, что в подробности вариантов осуществления, описанных в данном документе, могут быть внесены изменения без отхода от основополагающих принципов данного раскрытия изобретения.

[00017] Предложенные в данном документе взрывчатые вещества на основе PSAN могут иметь значительно более длительный срок хранения по сравнению с обычными или стандартными взрывчатыми веществами на основе нитрата аммония низкой плотности (LDAN) в виде гранул, например, в летние месяцы, когда температура может часто колебаться выше и ниже 32 °C. Соответственно, взрывчатые вещества на основе PSAN могут быть отправлены в тропические регионы или могут использоваться там, и они имеют увеличенный срок хранения по сравнению с обычными LDAN ANFO. Взрывчатые вещества на основе PSAN могут значительно снизить риски для здоровья, безопасности и/или окружающей среды, связанные с затвердевшей и/или скомковавшейся смесью

ANFO. Взрывчатые вещества на основе PSAN могут избавить от необходимости в инфраструктуре хранения с регулируемой температурой (например, в кондиционируемых помещениях для хранения ANFO). Взрывчатые вещества на основе PSAN могут повысить гибкость планирования поставок ANFO покупателям. Взрывчатые вещества на основе PSAN могут уменьшить или устранить проблемы, связанные с доставкой продукции. Кроме того, взрывчатые вещества на основе PSAN могут использоваться на многих рынках (например, в Азиатско-Тихоокеанском регионе и Северной Америке).

[00018] В данном документе раскрыты взрывчатые вещества на основе PSAN и способы изготовления гранул и взрывчатых веществ на основе PSAN. Будет легко понять, что компоненты по вариантам осуществления, в целом, описанные ниже, могут быть расположены и спроектированы в большом разнообразии различных конфигураций. Таким образом, последующее более подробное описание различных вариантов осуществления, описанных ниже и показанных на фигурах, не предназначено для ограничения объема раскрытия изобретения, а просто представляет различные варианты осуществления.

[00019] Один аспект раскрытия изобретения относится к взрывчатым веществам на основе фазостабилизированного нитрата аммония (PSAN). Взрывчатые вещества на основе PSAN могут включать в себя гранулы PSAN и горючий компонент. В некоторых вариантах осуществления гранула PSAN может включать от 0,5 мольных процентов (мол.%) до 5 мол.% ионов калия калиевой соли в расчете на ионы аммония нитрата аммония. В различных вариантах осуществления мол.% ионов калия в расчете на ионы аммония может составлять от 2 мол.% до 5 мол.%, от 2 мол.% до 4 мол.%, от 2,1 мол.% до 4,0 мол.% или около 3 мол.%. И наоборот, обычные или стандартные гранулы нитрата аммония низкой плотности (LDAN) или взрывчатые вещества на основе гранул LDAN могут относиться к гранулам LDAN или взрывчатым веществам на основе гранул LDAN, в которых отсутствуют соли или ионы калия. Гранулы PSAN могут быть взрывоопасными. В некоторых вариантах осуществления гранула PSAN может иметь низкую плотность (гранулы низкой плотности имеют насыпную плотность 0,84 кг/л или менее).

[00020] «Взрывоопасные» гранулы AN имеют минимальную пористость по меньшей мере 5,7 FOR%. Взрывоопасные гранулы AN низкой плотности (LDAN), как правило, изготавливают с включением эффективной и неэффективной пористости, например, посредством включения формообразующего агента подходящей пористости в концентрированный раствор нитрата аммония перед гранулированием. Взрывоопасные гранулы, как правило, изготавливают с включением эффективной и неэффективной

пористости, что позволяет абсорбировать достаточное количество нефтяного топлива, чтобы материал мог эффективно детонировать. Чтобы определить, подходит ли пористость для производства взрывчатых веществ, используется способность гранулы абсорбировать нефтяное топливо. Функциональное определение пористости может быть выполнено с использованием теста на удержание нефтяного топлива, в котором навеску гранул AN добавляют к навеске нефтяного топлива и перемешивают в течение заданного времени. Избыток нефтяного топлива удаляют с использованием впитывающей бумажной салфетки, регистрируют общую массу образовавшегося продукта ANFO и рассчитывают процентное увеличение массы. Пористость гранул PSAN, определяемая процентом удержания нефтяного топлива (FOR%), может составлять от 6 FOR% до 15 FOR%, от 6 FOR% до 12 FOR% или от 5,5 FOR% до 9 FOR%. Часто предпочтительно, чтобы пористость была такой, чтобы уровень абсорбции нефтяного топлива составлял по меньшей мере 5,7 FOR%, таким образом, чтобы при добавлении достаточного количества нефтяного топлива к грануле PSAN для получения ANFO достигать приемлемый кислородный баланс. Оценка общей пористости, включая неэффективную пористость, может быть определена в подходящей текучей среде.

[00021] Приведенный ниже способ может быть использован для измерения FOR%, который коррелирует с пористостью гранулированного нитрата аммония. Указанным способом измеряют увеличение массы отобранного образца гранул после полного погружения в дизельное топливо (DFO) и удаления избытка DFO с использованием бумажной салфетки. Этот способ может представлять собой проверку качества, используемую при оценке сырья продукта. Сначала 40 г (+-0,05 г) образца гранул AN (мелкие частицы удалены) могут быть взвешены в промаркированную и тарированную 250-миллилитровую банку для образцов с завинчивающейся крышкой. Это записывают как «начальный вес». Затем может быть добавлено 6,5 мл DFO и равномерно распределено по образцу. Крышку плотно завинчивают и банку могут энергично встряхивать в течение 30 секунд. Затем банка с образцом может быть помещена на мешалку для перемешивания содержимого посредством вращения банки, причем машина работает в течение 20 минут со скоростью 40 об/мин. Через 20 минут банкой можно постучать по столу, чтобы удалить гранулы, прилипшие к крышке. Можно разместить две полоски промокатальной бумаги: одну свободно наматывают по бокам банки; вторую полоску туго наматывают и вставляют в центр первой полоски промокатальной бумаги. Крышка может быть заменена, после чего банку встряхивают вручную в течение 3 минут. Гранулы должны свободно кататься в банке. Банка с образцом может быть помещена на мешалку для перемешивания содержимого посредством вращения банки, причем машина

работает в течение 15 минут при 40 об/мин. Гранулы должны равномерно распределиться по длине банки, для достижения чего мешалку можно регулировать. Абсорбирующие бумажные полоски затем можно осторожно удалить, убедившись, что из банки не удалены гранулы. Гранулы могут быть перемещены в тарированный химический стакан объемом 100 мл и взвешены с точностью до 0,05 г. Это записывается как «конечный вес». % Удержания нефтяного топлива (FOR) может быть рассчитан следующим образом:

$$\text{FOR (\%)} = ((\text{конечный вес} - \text{начальный вес}) / \text{конечный вес}) \times 100$$

[00022] Гранулы PSAN также включают неорганический агент, повышающий пористость. Неорганический агент, повышающий пористость, может включать модификатор поверхности раздела фаз и/или порообразователь. Модификатор поверхности раздела фаз также может представлять собой модификатор габитуса кристаллов. Примеры неорганического агента, повышающего пористость, включают сульфат алюминия, безводный либо в любой из его гидратных форм, сульфат железа, оксид магния или любой поливалентный сульфат. Неорганический агент, повышающий пористость, может также включать добавки. В некоторых вариантах осуществления неорганический агент, повышающий пористость, не содержит сульфата железа, оксида магния или того либо другого соединения. В некоторых вариантах осуществления неорганический агент, повышающий пористость, включает сульфат алюминия.

[00023] В некоторых вариантах осуществления концентрация неорганического агента, повышающего пористость, может составлять от 400 м.д. до 4000 м.д., например, от 400 м.д. до 1000 м.д., от 500 м.д. до 900 м.д., от 600 м.д. до 800 м.д. или около 700 м.д., или, например, от 2000 м.д. до 4000 м.д., от 2500 м.д. до 3900 м.д., от 3000 м.д. до 3700 м.д. или около 3500 м.д.

[00024] Соль калия может быть любой солью калия, например, выбранной по меньшей мере из одного из: гидроксида калия, нитрата калия, сульфата калия, гидросульфата калия, карбоната калия и гидрокарбоната калия. В некоторых вариантах осуществления калий может быть выбран по меньшей мере из одного из: гидроксида калия, нитрата калия и сульфата калия.

[00025] В некоторых вариантах осуществления гранула PSAN может включать от 0,5 мол.% до 5 мол.% ионов калия гидроксида калия в расчете на ионы аммония нитрата аммония (что соответствует массовым процентам (мас.%) от 0,4 мас.% до 4 мас.% гидроксида калия в расчете на нитрат аммония). В различных вариантах осуществления мол.% ионов калия в расчете на ионы аммония может составлять от 2 мол.% до 5 мол.% (от около 1,5 мас.% до 4 мас.% гидроксида калия), от 2 мол.% до 4 мол.% (от около 1,5 мас.% до 3 мас.% гидроксида калия), от 2,1 мол.% до 4,0 мол.% (от около 1,5 мас.% до 3

мас.% гидроксида калия) или около 3 мол.% (около 2 мас.% гидроксида калия).

[00026] В некоторых вариантах осуществления гранула PSAN может включать от 0,5 мол.% до 5 мол.% ионов калия нитрата калия в расчете на ионы аммония AN (от 1 мас.% до 6 мас.% нитрата калия в расчете на AN). В различных вариантах осуществления мол.% ионов калия в расчете на ионы аммония может составлять от 2 мол.% до 5 мол.% (от около 3 мас.% до 6 мас.% нитрата калия), от 2 мол.% до 4 мол.% (от около 3 мас.% до 5 мас.% нитрата калия), от 2,1 мол.% до 4,0 мол.% (от около 3 мас.% до 5 мас.% нитрата калия) или около 3 мол.% (около 4 мас.% нитрата калия).

[00027] В различных вариантах осуществления гранула PSAN может включать от 0,5 мол.% до 5 мол.% ионов калия сульфата калия в расчете на ионы аммония нитрата аммония (от 1 мас.% до 10 мас.% сульфата калия в расчете на нитрат аммония). В различных вариантах осуществления мол.% ионов калия в расчете на ионы аммония может составлять от 2 мол.% до 5 мол.% (от около 5 мас.% до 10 мас.% сульфата калия), от 2 мол.% до 4 мол.% (от около 5 мас.% до 8 мас.% сульфата калия), от 2,1 мол.% до 4,0 мол.% (от около 5 мас.% до 8 мас.% сульфата калия) или около 3 мол.% (около 6 мас.% сульфата калия).

[00028] В некоторых вариантах осуществления насыпная плотность гранул PSAN может составлять менее 0,9 кг/л. Кроме того, в гранулах PSAN может отсутствовать или по существу отсутствовать переход кристаллической фазы при 32 °C. В альтернативном варианте, переход кристаллической фазы при 32 °C может быть смещен к температуре выше 50 °C. В гранулах PSAN может отсутствовать или по существу отсутствовать переход кристаллической фазы при 84 °C. В альтернативном варианте, переход кристаллической фазы при 84 °C может быть смещен к температуре выше 90 °C или 95 °C. В некоторых вариантах осуществления переход кристаллической фазы при 32 °C и/или переход кристаллической фазы при 84 °C может быть определен термическим анализом и/или измерениями дифракции рентгеновских лучей. Например, термический анализ может включать анализ на дифференциальном сканирующем калориметре (ДСК) и/или анализ на термогравиметрическом анализаторе (ТГА). «Существенное отсутствие» фазового перехода при 32 °C может соответствовать достаточному устранению фазового перехода, чтобы гранула PSAN могла подвергаться 50-кратному термическому циклированию и оставаться в пределах спецификаций заказчика, например, спецификаций, перечисленных в таблице 2.

[00029] В различных вариантах осуществления при 50-кратном термоциклировании взрывчатого вещества на основе PSAN средняя прочность на раздавливание взрывчатого вещества на основе PSAN, подвергнутого термоциклированию, может составлять более

0,4 кг, например, от 0,4 кг до 2,0 кг, от 0,5 кг до 1,5 кг, от 0,6 кг до 1,0 кг или от 0,7 кг до 0,9 кг. Один цикл может включать выдержку взрывчатого вещества PSAN при 15 °С в течение четырех часов, а затем в течение четырех часов при 45 °С.

[00030] В некоторых вариантах осуществления при 20-кратном термоциклировании взрывчатого вещества на основе PSAN («испытательное взрывчатое вещество на основе PSAN») средняя прочность на раздавливание взрывчатого вещества на основе PSAN, подвергнутого термоциклированию, может быть выше, чем средняя прочность на раздавливание контрольного взрывчатого вещества на основе PSAN, не подвергнутого термоциклированию. Один цикл включает в себя выдержку взрывчатого вещества на основе PSAN при 15 °С в течение четырех часов, а затем в течение четырех часов при 45 °С. В состав испытуемого взрывчатого вещества на основе PSAN и контрольного взрывчатого вещества на основе PSAN входят одни и те же компоненты; однако, хотя испытуемое взрывчатое вещество на основе PSAN подвергают термоциклированию, контрольное взрывчатое вещество на основе PSAN не подвергают термоциклированию.

[00031] Средняя прочность на раздавливание взрывчатого вещества на основе PSAN, подвергнутого термоциклированию, может быть на 5–100 % выше, чем средняя прочность на раздавливание контрольного взрывчатого вещества на основе PSAN, не подвергнутого термоциклированию. В других вариантах осуществления средняя прочность на раздавливание взрывчатого вещества на основе PSAN, подвергнутого термоциклированию, может быть на 25–100 % выше, чем средняя прочность на раздавливание контрольного взрывчатого вещества на основе PSAN, не подвергнутого термоциклированию. В некоторых вариантах осуществления средняя прочность на раздавливание взрывчатого вещества на основе PSAN, подвергнутого термоциклированию, может быть на 10–80 %, на 20–60 % или на 25–40 % выше, чем средняя прочность на раздавливание контрольного взрывчатого вещества на основе PSAN, не подвергнутого термоциклированию. И в других вариантах осуществления средняя прочность на раздавливание взрывчатого вещества на основе PSAN, подвергнутого термоциклированию, может быть на 35–90 %, на 45–80 % или на 55–70 % выше, чем средняя прочность на раздавливание контрольного взрывчатого вещества на основе PSAN, не подвергнутого термоциклированию. Таким образом, термоциклирование может быть использовано для повышения твердости взрывчатых веществ на основе PSAN.

[00032] Прочность на раздавливание может быть определена следующим способом. Все оборудование, включая перчатки, должно быть сухим, а образцы должны храниться в герметичном контейнере. Образцы готовят посредством первоначального взвешивания

250 г образца конечного продукта ANFO и переноса на верхнюю часть колонны сит, состоящей из сита 2,36 мм, сита 2,00 мм и поддона для сбора. Образцы и колонну сит помещают во встряхиватель сит на 10 минут с установленной амплитудой 60. Мелкие частицы в приемном поддоне и слишком крупные частицы на сите 2,36 мм отбрасывают. Отбирают фракцию образца с сита 2,00 мм для испытания на раздавливание. Для испытания на раздавливание случайным образом выбирают 20 отдельных частиц ANFO (гранулы AN + нефтяное топливо) с сита 2,00 мм. Для регистрации единиц KgF используют прибор для испытаний на раздавливание, состоящий из измерителя силы (например, модели M5-5) и платформы для испытаний (например, для испытательных стендов с электроприводом ESM301L). Частицу помещают в центр столика испытательного стенда. Измеритель силы обнулен. Поршень датчика силы опускают, чтобы раздавить испытуемую частицу. После того, как датчик силы полностью выдвинут, приложенная сила записывается как сопротивление раздавливанию. Этот процесс выполняют для каждой из 20 частиц. Сопротивление раздавливанию рассчитывают, как среднее сопротивление раздавливанию 20 частиц.

[00033] Срок хранения взрывчатых веществ на основе PSAN, предложенных в данном документе, может составлять по меньшей мере шесть месяцев. Например, взрывчатые вещества на основе PSAN могут иметь срок хранения до шести месяцев или более (например, по меньшей мере два месяца, по меньшей мере четыре месяца или по меньшей мере шесть месяцев) при хранении в жаркий летний период со средней дневной температурой окружающей среды от 30 °C до 50 °C и средней ночной температурой от 10 °C до 30 °C. В отличие от этого, срок хранения обычного LDAN ANFO без поддержки хранения с регулируемой температурой был бы намного менее.

[00034] Гранулы PSAN взрывчатого вещества на основе PSAN могут иметь кристаллические домены, которые более плотно упакованы и более однородны, чем кристаллические домены взрывоопасной гранулы нитрата аммония, не содержащей калия. Не желая быть связанными какой-либо теорией, более плотно упакованные кристаллические домены гранул PSAN могут способствовать повышению твердости гранул PSAN по сравнению с обычными гранулами LDAN. Не желая быть связанными какой-либо теорией, полагают, что комбинация калия и агента, повышающего пористость, может способствовать более плотной упаковке и большей однородности кристаллических доменов гранул PSAN. Таким образом, комбинация калия и агента, повышающего пористость, может способствовать неожиданному увеличению прочности на раздавливание гранул PSAN при сохранении пористости и низкой плотности гранул. Кристаллические домены могут быть определены с использованием сканирующего

электронного микроскопа с энергодисперсионной спектроскопией (СЭМ-ЭДС).

[00035] Гранула PSAN может содержать калий, равномерно распределенный по всей грануле. Если в гранулу PSAN включен модификатор поверхности раздела фаз, содержащий алкильную группу (например, часть полимера), то гранула PSAN может содержать углерод, равномерно распределенный по всей грануле.

[00036] Примеры горючего компонента, который может быть использован с гранулами PSAN, включают, но не ограничиваются ими, жидкое топливо, например, нефтяное топливо, дизельное топливо, дистиллят, мазут, керосин, бензин и лигроин; воски, например, микрокристаллический воск, парафиновый воск и парафиновый гач; масла, например, парафиновые масла, бензольное, толуольное и ксилоловое масла, битумные материалы, полимерные масла, например, низкомолекулярные полимеры олефинов, животные масла, например, рыбий жир, и другие минеральные, углеводородные или жирные масла; и их смеси. Может быть использован любой горючий компонент, как правило, используемый для ANFO или вместе с ним.

[00037] Массовое соотношение гранул PSAN к горючему компоненту может составлять, например, от 80:20 до 97:3, от 85:15 до 96:4, от 90:10 до 95:5 или 94:6. В некоторых вариантах осуществления горючий компонент представляет собой не эмульсию нитрата аммония, а горючий компонент, обычный для обычного ANFO.

[00038] Любая комбинация компонентов и их количеств или концентраций, описанных в отношении гранул PSAN или взрывчатого вещества на основе PSAN, указанная выше, также может быть включена в способы получения гранул PSAN или взрывчатого вещества на основе PSAN. Кроме того, любые характеристики или результаты измерений гранул PSAN или взрывчатого вещества на основе PSAN, представленные выше (например, насыпная плотность, средняя прочность на раздавливание и срок хранения), также могут быть применимы к гранулам PSAN или взрывчатому веществу на основе PSAN, полученным описанными способами.

[00039] Другой аспект раскрытия изобретения относится к способам повышения твердости (например, средней прочности на раздавливание) взрывчатого вещества на основе PSAN. Кроме того, любые характеристики или результаты измерений взрывчатого вещества на основе PSAN, указанные выше, также могут быть применимы к взрывчатому веществу на основе PSAN, изготовленному способами повышения твердости взрывчатого вещества на основе PSAN. Способ может включать получение гранул PSAN, как рассмотрено выше, и термоциклирование гранул PSAN множество раз (например, по меньшей мере 10 или по меньшей мере 20 раз). После циклирования средняя прочность на раздавливание взрывчатого вещества на основе PSAN, подвергнутого

термоциклированию, может быть выше, чем средняя прочность на раздавливание контрольного взрывчатого вещества на основе PSAN, не подвергнутого термоциклированию. Один цикл может включать выдержку взрывчатого вещества на основе PSAN при 15 °C в течение четырех часов, а затем в течение четырех часов при 45 °C.

[00040] Другой аспект раскрытия изобретения относится к способам изготовления гранул PSAN и/или взрывчатого вещества на основе PSAN. Способ может включать приготовление раствора PSAN, содержащего соль калия и нитрат аммония, и кристаллизацию раствора PSAN с образованием гранул PSAN. Гранулы PSAN могут быть взрывоопасными и иметь низкую плотность. Способ может дополнительно включать объединение агента, повышающего пористость (например, сульфата алюминия), с раствором PSAN. Приготовление раствора PSAN может включать смешивание калиевой соли (раствора) с водой (или технологическим конденсатом) и взаимодействие смеси с азотной кислотой и аммиаком с образованием раствора PSAN, например, в нейтрализаторе.

[00041] В некоторых вариантах осуществления использование раствора PSAN, содержащего соль калия и нитрат аммония, обеспечивает производственные преимущества при формировании гранул PSAN по сравнению с обычными растворами AN, используемыми для получения обычных гранул LDAN, в которых отсутствует соль калия. Эти производственные преимущества могут обеспечить возможности для устранения проблем, связанных с технологическим оборудованием производственного процесса. Например, производство обычных гранул LDAN часто требует снижения скорости гранулирования в более жаркие и влажные месяцы для обеспечения образования гранул в соответствии со спецификациями, обусловленными i) температурами гранул, наблюдаемыми в нижней части грануляционной башни, и/или ii) температурами гранул, наблюдаемыми на выходе из механизма охлаждения (например, из охладителя с псевдооживленным слоем). Для растворов PSAN, раскрытых в данном документе, такого снижения скорости гранулирования не требуется.

[00042] При кристаллизации раствора PSAN с образованием гранул PSAN жидкие капли раствора гранул попадают в грануляционную башню. При падении жидких капель, они охлаждаются и затвердевают с образованием отдельных гранул. Затем после дополнительной сушки в сушилке предварительной сушки и сушильном барабане, а также просеивания для удаления слишком крупного и слишком мелкого материала, гранулы переносят в механизм охлаждения (например, в охладитель с псевдооживленным слоем) для дальнейшего охлаждения, после чего гранулы могут быть подвергнуты дальнейшей

обработке (например, нанесению покрытия), хранению и/или упаковке. Как правило, температурный предел для обычных гранул LDAN, когда они достигают нижней части грануляционной башни, составляет от 78 °C до 82 °C. Этот температурный предел гарантирует, что обычная гранула LDAN завершит фазовый переход кристаллов из фазы II в фазу III при температуре около 84 °C, прежде чем достигнет нижней части грануляционной башни. Обычные гранулы LDAN при температуре выше этого температурного предела в нижней части грануляционной башни могут все еще подвергаться фазовому переходу, что приводит к комкованию/слеживанию и/или другим проблемам на последующих этапах производственного процесса. Кроме того, наличие обычных гранул LDAN выше этого температурного предела в нижней части грануляционной башни является распространенной проблемой при производстве гранул, особенно в жарких и влажных условиях (например, в условиях с температурой окружающей среды от 35 °C до 45 °C).

[00043] Как правило, требуется, чтобы температура обычных гранул LDAN на выходе из механизма охлаждения (например, из охладителя с псевдооживленным слоем) составляла менее 30 °C. Эта температура гарантирует, что обычная гранула LDAN завершила фазовый переход кристаллов из фазы III в фазу IV приблизительно при 32 °C перед нанесением покрытия (например, покрытия, препятствующего слеживанию). Обычные гранулы LDAN, выходящие из механизма охлаждения (например, из охладителя с псевдооживленным слоем) при температуре выше этой, могут по-прежнему подвергаться фазовому переходу, что приводит к комкованию/слеживанию и/или иной потере свободного потока гранул в башнях или барабанах для последующего нанесения покрытия. Кроме того, это может привести к проблемам при извлечении гранул из башен или барабанов для последующего нанесения покрытия и при помещении их в транспортные контейнеры, самосвалы и т. д. Наличие обычных гранул LDAN, выходящих из механизма охлаждения (например, из охладителя с псевдооживленным слоем) выше этой температуры, является распространенной проблемой при производстве гранул, особенно в жарких и влажных условиях (например, в условиях с температурой окружающей среды от 35 °C до 45 °C). Чтобы решить эти проблемы, в традиционных производственных технологиях снижают скорость гранулирования с максимальной около 40 т/ч (тонн/час) до менее 35 т/ч, менее 33 т/ч, менее 30 т/ч или менее 27 т/ч, особенно в жарких и влажных условиях (например, в условиях с температурой окружающей среды от 35 °C до 45 °C). Иными словами, в традиционных технологиях производства снижают скорость гранулирования от 25 т/ч до 35 т/ч или от 25 т/ч до 30 т/ч, особенно в жарких и влажных условиях (например, в условиях с температурой окружающей среды от 35 °C до

45 °C). Иными словами, в традиционных технологиях производства снижают скорость гранулирования с расчетной максимальной скорости, составляющей 100 %, до скорости менее 90 %, менее 80 % или менее 70 % от расчетной максимальной скорости или до скорости, составляющей от 60 % до 90 %, от 60 % до 80 % или от 60 % до 70 % расчетной максимальной скорости, особенно в жарких и влажных условиях (например, в условиях с температурой окружающей среды от 35 °C до 45 °C).

[00044] Более высокие скорости гранулирования могут быть достигнуты в жарких и влажных средах с использованием описанных в данном документе растворов PSAN. Как упоминалось ранее, фазовый переход при 32 °C сводится к минимуму и/или устраняется, а фазовый переход при 84 °C смещается в сторону более высокой температуры с растворами PSAN, описанными в данном документе. Например, фазовый переход при 84 °C может быть смещен (или увеличен) приблизительно на 5 °C – 25 °C или приблизительно на 10 °C – 20 °C. В некоторых вариантах осуществления фаза 84 °C смещена к 95 °C – 105 °C.

[00045] Поскольку температура фазового перехода была увеличена до 84 °C, температурный предел в нижней части грануляционной башни также может быть увеличен без возникновения производственных проблем. Например, температурный предел для гранул PSAN в нижней части грануляционной башни может быть увеличен по меньшей мере до 85 °C, по меньшей мере до 86 °C, по меньшей мере до 87 °C, по меньшей мере до 88 °C, по меньшей мере до 89 °C или по меньшей мере до 90 °C даже в жарких и влажных условиях (например, в условиях с температурой окружающей среды от 35 °C до 45 °C). Другими словами, верхний температурный предел для гранул PSAN в нижней части грануляционной башни может быть увеличен от 85 °C до 95 °C или от 85 °C до 90 °C даже в жарких и влажных условиях (например, в условиях с температурой окружающей среды от 35 °C до 45 °C).

[00046] При сведении к минимуму и/или устранении фазового перехода при 32 °C гранулы PSAN также практически не подвергаются фазовому переходу при 32 °C после выхода из механизма охлаждения (например, из охладителя с псевдооживленным слоем) и/или в процессе нанесения покрытия. В результате температурный предел гранул PSAN, выходящих из механизма охлаждения (например, охладителя с псевдооживленным слоем) может быть увеличен. В некоторых вариантах осуществления температурный предел увеличен по меньшей мере до 35 °C, по меньшей мере до 36 °C, по меньшей мере до 37 °C, по меньшей мере до 38 °C, по меньшей мере до 39 °C или по меньшей мере до 40 °C даже в жарких и влажных условиях (например, в условиях с температурой окружающей среды от 35 °C до 45 °C). Иными словами, температурный предел увеличен от 30 °C до 40

°C, от 32 °C до 40 °C или от 35 °C до 40 °C даже в условиях жаркой и влажной окружающей среды (например, в условиях с температурой окружающей среды от 35 °C до 45 °C). Кроме того, при сведении к минимуму и/или устранении фазового перехода при 32 °C гранулы PSAN также выходят из механизма охлаждения (например, из охладителя с псевдооживленным слоем) при более низкой температуре, чем обычные LDAN, поскольку гранулы PSAN выделяют меньше тепловой энергии из-за отсутствие фазового перехода. Например, в некоторых вариантах осуществления гранулы PSAN выходят из механизма охлаждения (например, из охладителя с псевдооживленным слоем) при температуре на 2–5 °C или на 3–4 °C ниже, чем у обычных LDAN при одних и тех же производственных условиях, даже в условиях жаркой и влажной окружающей среды (например, в условиях с температурой окружающей среды от 35 °C до 45 °C).

[00047] Один или более из i) увеличенного температурного предела для гранул PSAN в нижней части грануляционной башни и ii) сведенной к минимуму температуры фазового перехода 32 °C также позволяют поддерживать в производственном процессе максимальную скорость гранулирования, рассчитанную для технологического оборудования, или более высокую скорость гранулирования, например, более 35 т/ч, более 36 т/ч, более 37 т/ч, более 38 т/ч, более 39 т/ч или более 40 т/ч даже в условиях жаркой и влажной окружающей среды (например, в условиях с температурой окружающей среды от 35 °C до 45 °C). Иными словами, скорость гранулирования растворов гранул PSAN, описанных в данном документе, может составлять от 35 т/ч до 42 т/ч или от 38 т/ч до 41 т/ч, даже в условиях жаркой и влажной окружающей среды (например, в условиях с температурой окружающей среды от 35 °C до 45 °C). Другими словами, максимальная скорость гранулирования растворов гранул PSAN, описанных в данном документе, может быть на по меньшей мере 10 %, по меньшей мере 20 %, по меньшей мере 30 %, по меньшей мере 40 % или по меньшей мере 50 % выше, чем максимальная скорость гранулирования, полученная с растворами обычных гранул LDAN, или максимальная скорость гранулирования растворов гранул PSAN, описанных в данном документе, может быть на 10–60 % выше, на 10–50 % выше, на 10–40 % выше, на 10–30 % выше или на 10–20 % выше, чем максимальные скорости гранулирования, полученные с растворами обычных гранул LDAN даже в условиях жаркой и влажной окружающей среды (например, в условиях с температурой окружающей среды от 35 °C до 45 °C).

## ПРИМЕРЫ

[00048] Приведенные ниже примеры иллюстрируют описанные способы и композиции. В свете этого раскрытия изобретения специалисты в данной области поймут, что вариации этих примеров и других примеров раскрытых способов и композиций были бы возможны без чрезмерного проведения экспериментов.

Пример 1. Получение приллоидов (prilloids) для анализа

[00049] Для получения приллоидов использовали следующий способ. В верхней части пластины TEFLON™ толщиной 5 мм просверлили отверстия диаметром 2,8 мм на глубину приблизительно 3 мм. В этих отверстиях просверлили дренажные отверстия диаметром 0,9 мм. Затем в планшет добавляли раствор AN, чтобы заполнить отверстия диаметром 2,8 мм. После охлаждения приллоиды выталкивали из отверстий диаметром 2,8 мм в пластине TEFLON™ через дренажные отверстия.

Пример 2 - Анализ солей калия

[00050] Изготавливали приллоиды, которые включали сульфат алюминия (раствор сульфата алюминия от Ixom Chemicals либо сульфат алюминия от Merck BDH) в дополнение к AN и соль калия в исходном растворе. Для анализа подготовили следующие образцы: 1) ANFO только (94:6), 2) AN, включая 0,07 %  $Al_2SO_4$  (700 м.д.) и 3,5 мол.%  $KNO_3$ , объединенные с нефтяным топливом с красителем (94:6), 3) AN, включая 0,07 %  $Al_2SO_4$  и 2,5 мол.%  $KNO_3$ , объединенные с нефтяным топливом с красителем (94:6) и 4) AN, включая 3500 м.д.  $Al_2SO_4$  и 2,5 мол.%  $KNO_3$ , объединенные с нефтяным топливом с красителем (94:6).

[00051] Образцы помещали в печь циклирования (охлаждаемый инкубатор PANASONIC™ MIR-254). Печь циклирования разработали для имитации термоциклирования, происходящего в производственных условиях. Печь настраивали таким образом, чтобы один цикл включал четырехчасовой период при 15 °C, а затем четырехчасовой период при 45 °C. Образцы циклировали в общей сложности 140 раз (таблица 2 и Фиг. 1).

Таблица 2. Данные испытаний на разрушение для PSAN ANFO с сульфатом алюминия

Партия образца	Средняя прочность на раздавливание (, ACS) (кг) начальная (0 циклов)	ACS (кг) 20 циклов		% Изменения по сравнению с исходной ACS (20 циклов)		ACS (кг) 40 циклов		% Изменения по сравнению с исходной ACS (40 циклов)		ACS (кг) 60 циклов		% Изменения по сравнению с исходной ACS (60 циклов)	
		ACS (кг)	%	ACS (кг)	%	ACS (кг)	%	ACS (кг)	%				
1	1,037	0,007	-99,3	Невозможно раздавить — образец представляет собой порошок				Невозможно раздавить — образец представляет собой порошок					
2	0,900	1,085	20,6	0,673	-25,2	0,615	-31,7	Невозможно раздавить — образец представляет собой порошок					
3	0,727	0,941	29,4	0,179	-75,4	представляет собой порошок							
4	0,440	0,634	44,1	0,331	-24,8	0,211	-52						
Партия образца	ACS (кг) Исходная (0 циклов)	ACS (кг) 80 циклов	% Изменения по сравнению с исходной ACS (80 циклов)	ACS (кг) 100 циклов	% Изменения по сравнению с исходной ACS (100 циклов)	ACS (кг) 120 циклов	% Изменения по сравнению с исходной ACS (120 циклов)						
1	1,037	Невозможно раздавить — образец представляет собой порошок		Невозможно раздавить — образец представляет собой порошок		Невозможно раздавить — образец представляет собой порошок							
2	0,900	0,688	-23,6	0,507	-43,7	0,728	-19,1	Невозможно раздавить — образец представляет собой порошок					
3	0,727	Невозможно раздавить — образец представляет собой порошок		Невозможно раздавить — образец представляет собой порошок		Невозможно раздавить — образец представляет собой порошок							
4	0,440	0,554	25,9	0,321	-27,0	0,194	-55,9						
Партия образца	ACS (кг) Исходная (0 циклов)	ACS (кг) 140 циклов	% Изменения по сравнению с исходной ACS (140 циклов)										
1	1,037	Невозможно раздавить — образец представляет собой порошок											
2	0,900	0,539	-40,1										
3	0,727	Невозможно раздавить — образец представляет собой порошок											
4	0,440	0,284	-35,5										

[00052] На протяжении всего процесса циклирования визуально наблюдали за состоянием и возможным разрушением образцов. Кроме того, проводили испытания на

раздавливание в различных точках, чтобы продемонстрировать возможные изменения твердости образцов в процессе циклирования (с использованием моторизованного испытательного стенда Mark-10 ESM303 и цифрового датчика силы Mark-10 M5-20).

[00053] Образцы испытывали на прочность при раздавливании (твердость) в процессе термоциклирования. Испытание на раздавливание проводили в точках, указанных на Фиг. 1. Эти данные показывают, что увеличенный срок хранения, продемонстрированный при использовании фазостабилизированного нитрата аммония (AN), может быть воспроизведен для ANFO, изготовленного из PSAN с использованием сульфата алюминия в качестве внутренней добавки.

Пример 3. Создание гранул PSAN на технологическом оборудовании и сравнение с гранулами LDAN

[00054] Следующие образцы изготавливали способом Кальтенбаха-Тьюринга: образец PSAN 1 — гранулы PSAN, содержащие AN и 2,5 мол.% KOH (49 % раствор KOH); и образец PSAN 2 — гранулы PSAN, содержащие AN и 3,5 мол.% KOH (49 % раствор KOH).

[00055] Используя термопары и регистраторы данных, температуру обычных образцов LDAN и PSAN 1 и 2 измеряли в течение восьми (8) термоциклов. Для каждого термоцикла образцы подвергали в течение 4 часов 45 °C, а затем в течение 4 часов 15 °C. В этих условиях образцы PSAN 1 и 2 легко достигают высоких и низких температур в печи, тогда как обычный LDAN фактически не достигает 45 °C в течение 4 часов. Это показано на Фиг. 2. Температурными профилями, проиллюстрированными на Фиг. 2, также показано эндотермическое и экзотермическое поведение обычных LDAN (связанное с известным фазовым переходом при 32 °C). Поскольку образцы PSAN 1 и 2 не имеют фазового перехода при 32 °C, это не наблюдалось в их температурных профилях.

[00056] Затем сравнивали время нагревания и охлаждения гранул PSAN с обычными гранулами LDAN. При этом образцы обычных гранул LDAN и гранул PSAN помещали в печь при температуре 50 °C с термопарами и регистраторами данных для определения продолжительности времени, необходимого каждому из образцов для достижения температуры 50 °C (Фиг. 3). Образцы оставляли в печи на ночь, затем переносили в условия окружающей среды для определения времени, необходимого для охлаждения образцов до температуры окружающей среды (Фиг. 4). Также использовали холостые пробы (пустые банки). Как показано на Фиг. 3 и 4, гранулы PSAN нагреваются и охлаждаются быстрее, чем обычные гранулы LDAN. Это связано с отсутствием фазового перехода при 32 °C в гранулах PSAN.

Пример 4. Создание гранул PSAN на технологическом оборудовании и сравнение с гранулами LDAN

[00057] Следующий образец изготавливали способом Кальтенбаха-Тьюринга: гранулы PSAN, содержащие AN и 2,5 мол.% KOH (49 % раствор KOH). Гранулы PSAN также покрывали 700 м.д. GALORYL® ATH 626M. На Фиг. 5 и 6 показаны данные ДСК для обычных гранул LDAN (Фиг. 5) и гранул PSAN (Фиг. 6). Как показано, фазовый переход при 84 °C в гранулах PSAN сместился приблизительно от 95 °C до 105 °C, а температуру 32 °C свели к минимуму.

[00058] Скорость гранулирования установили на уровне 40 т/ч и 6 гранулирующих головок работали в автоматическом режиме. Средняя температура окружающей среды составляла приблизительно 38 °C. В результате фазовый переход при 84 °C смещался в сторону более высокой температуры, температурный предел в нижней части башни устанавливали на 90 °C. Температуру гранул PSAN в нижней части башни также измерена и представлена в таблице 3 ниже:

Таблица 3

Время	Без гранулирующих головок в автоматическом режиме	Температура в нижней части башни (°C)
10:00	6	82,4
10:05	6	82,2
10:30	6	81,9
10:45	6	82,0
11:00	6	81,8
12:00	6	83,9
14:00	6	85,3
15:00	6	85,7
18:00	6	83,7
20:00	6	82,7
22:00	6	82,8

[00059] Как показано в таблице 3, температура гранул PSAN в нижней части башни (от 82 °C до 86 °C) превышала диапазон температур, который может быть достигнут при производстве обычных гранул LDAN (от 78 °C до 82 °C).

[00060] В результате сведения к минимуму фазового перехода при 32 °C температуру гранул PSAN, выходящих из механизма охлаждения (например, из охладителя с псевдооживленным слоем), установили на 35 °C. Температуру гранул PSAN также наблюдали на выходе из механизма охлаждения (например, из охладителя с псевдооживленным слоем (FBC)). Эта температура приведена в таблице 4 ниже:

Таблица 4

Время	Количество гранулирующих головок в автоматическом режиме	Температура гранул (на выходе из FBC)
11:25	6	26,4
13:00	6	24,6
17:00	6	25,6
21:00	6	25,2
22:00	6	24,2

[00061] Как правило, температура, наблюдаемая для обычных гранул LDAN, будет находиться в диапазоне от 29 °C до 30 °C, когда температура окружающей среды выше 35 °C, что требует снижения скорости гранулирования. Однако гранулы PSAN выходят из механизма охлаждения (например, из охладителя с псевдооживленным слоем) при более низкой температуре (от 24 °C до 27 °C) из-за отсутствия фазового перехода при 32 °C.

[00062] Для сравнения, приведенные ниже производственные параметры были достигнуты при использовании гранул PSAN по сравнению с обычными гранулами LDAN:

Таблица 5

Нижняя часть башни	обычные LDAN	PSAN
Температурный диапазон без производственных проблем	от 78 °C до 82 °C	от 78 °C до 90 °C
Максимальная скорость производства в жарких условиях окружающей среды (от 35 °C до 45 °C)	27 т/ч	40 т/ч

Таблица 6

Температура на выходе из механизма охлаждения (из охладителя с псевдооживленным слоем)	обычные LDAN	PSAN
Температурный диапазон без производственных проблем	менее 30 °C	до 35 °C (наблюдается от 25 °C до 26 °C)

Максимальная скорость производства в жарких условиях окружающей среды (от 35 °C до 45 °C)	27 т/ч	40 т/ч
---	--------	--------

[00063] Считается, что специалист в данной области может использовать предшествующее описание для использования данного раскрытия изобретения в его наиболее полной степени без дополнительного усовершенствования. Примеры и варианты осуществления, раскрытые в данном документе, следует рассматривать только как иллюстративные и приводимые в качестве примера и никоим образом не ограничивающие объем настоящего изобретения. Для специалистов в данной области и пользуясь преимуществами этого изобретения будет очевидно, что в подробности вышеописанных вариантов осуществления могут быть внесены изменения без отхода от основополагающих принципов раскрытия изобретения, приведенных в данном документе.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Взрывчатое вещество на основе фазостабилизированного нитрата аммония (PSAN), содержащее:

гранулы PSAN, содержащие:

нитрат аммония;

соль калия, причем гранула PSAN содержит от 0,5 мольных процентов (мол.%) до 5 мол.% ионов калия калиевой соли в расчете на ионы аммония нитрата аммония; и

неорганический агент, повышающий пористость;

и горючий компонент.

2. Взрывчатое вещество на основе PSAN по п. 1, отличающееся тем, что мол.% ионов калия в расчете на ионы аммония составляет от 2 мол.% до 5 мол.%, от 2 мол.% до 4 мол.%, от 2,1 мол.% до 4 мол.% или около 3 мол.%.

3. Взрывчатое вещество на основе PSAN по п. 1 или 2, отличающееся тем, что горючий компонент включает в себя жидкое топливо, включая нефтяное топливо, дизельное топливо, дистиллят, мазут, керосин, бензин или лигроин; воски, включая микрокристаллический воск, парафиновый воск или парафиновый гач; масла, включая парафиновые масла, бензольное, толуольное и ксилоловое масла, битумные материалы, полимерные масла, животные масла или другие минеральные, углеводородные или жирные масла; и их смеси.

4. Взрывчатое вещество на основе PSAN по любому из пп. 1–3, отличающееся тем, что массовое отношение гранул PSAN к горючему компоненту составляет от 80:20 до 97:3, от 85:15 до 96:4, от 90:10 до 95:5 или 94:6.

5. Взрывчатое вещество на основе PSAN по любому из пп. 1–4, отличающееся тем, что горючий компонент не является эмульсионным.

6. Взрывчатое вещество на основе PSAN по любому из пп. 1–5, отличающееся тем, что неорганический агент, повышающий пористость, содержит модификатор поверхности раздела фаз, порообразователь или то и другое.

7. Взрывчатое вещество на основе PSAN по любому из пп. 1–6, отличающееся тем, что неорганический агент, повышающий пористость, содержит сульфат алюминия.

8. Взрывчатое вещество на основе PSAN по любому из пп. 1–7, отличающееся тем, что концентрация в грануле неорганического агента, повышающего пористость, составляет от 400 м.д. до 4000 м.д., от 400 м.д. до 1000 м.д., от 500 м.д. до 900 м.д., от 600 м.д. до 800 м.д., около 700 м.д., от 2000 м.д. до 4000 м.д., от 2500 м.д. до 3900 м.д., от 3000 м.д. до 3700 м.д. или около 3500 м.д.

9. Взрывчатое вещество на основе PSAN по любому из пп. 1–8, отличающееся тем, что калиевая соль содержит по меньшей мере один из гидроксида калия, нитрата калия или сульфата калия.

10. Взрывчатое вещество на основе PSAN по любому из пп. 1–9, отличающееся тем, что гранулы PSAN имеют насыпную плотность менее 0,9 кг/л, включая менее 0,84 кг/л.

11. Взрывчатое вещество на основе PSAN по любому из пп. 1–10, отличающееся тем, что гранулы PSAN являются взрывоопасными.

12. Взрывчатое вещество на основе PSAN по любому из пп. 1–11, отличающееся тем, что гранулы PSAN имеют пористость по меньшей мере около 5,7 %.

13. Взрывчатое вещество на основе PSAN по любому из пп. 1–12, отличающееся тем, что в гранулах PSAN по существу отсутствует переход кристаллической фазы при 32 °С.

14. Взрывчатое вещество на основе PSAN по любому из пп. 1–13, отличающееся тем, что в гранулах PSAN по существу отсутствует переход кристаллической фазы при 84 °С.

15. Взрывчатое вещество на основе PSAN по п. 13 или 14, отличающееся тем, что наличие перехода кристаллической фазы при 32 °С или перехода кристаллической фазы при 84 °С определяют методом термического анализа или измерений дифракции рентгеновских лучей.

16. Взрывчатое вещество на основе PSAN по п. 15, отличающееся тем, что термический анализ включает анализ на дифференциальном сканирующем калориметре и анализ на термогравиметрическом анализаторе.

17. Взрывчатое вещество на основе PSAN по любому из пп. 1–16, отличающееся тем, что после 50-кратного термоциклирования взрывчатого вещества на основе PSAN, причем один цикл включает четыре часа при 15 °С, а затем четыре часа при 45 °С, средняя прочность на раздавливание взрывчатого вещества на основе PSAN, подвергнутого термоциклированию, составляет более 0,4 кг, включая от 0,4 кг до 2,0 кг, от 0,5 кг до 1,5 кг, от 0,6 кг до 1,0 кг или от 0,7 кг до 0,9 кг.

18. Взрывчатое вещество на основе PSAN по любому из пп. 1–16, отличающееся тем, что после 20-кратного термоциклирования взрывчатого вещества на основе PSAN, причем один цикл включает четыре часа при 15 °С, а затем четыре часа при 45 °С, средняя прочность на раздавливание взрывчатого вещества на основе PSAN, подвергнутого

термоциклированию, выше, чем средняя прочность на раздавливание контрольного взрывчатого вещества на основе PSAN, не подвергнутого термоциклированию.

19. Взрывчатое вещество на основе PSAN по п. 18, отличающееся тем, что средняя прочность на раздавливание взрывчатого вещества на основе PSAN, подвергнутого термоциклированию, на 5–100 %, на 10–80 %, на 20–60 % или на 25–40 % выше, чем средняя прочность на раздавливание взрывчатого вещества на основе PSAN, не подвергнутого термоциклированию.

20. Взрывчатое вещество на основе PSAN по любому из пп. 1–19, отличающееся тем, что срок хранения взрывчатого вещества на основе PSAN составляет по меньшей мере два месяца, по меньшей мере четыре месяца или по меньшей мере шесть месяцев при средней дневной температуре окружающей среды от около 30 °C до около 50 °C и средней ночной температуре от около 10 °C до около 30 °C.

21. Способ повышения твердости взрывчатого вещества на основе фазостабилизированного нитрата аммония (PSAN), включающий:

получение взрывчатого вещества на основе PSAN по любому из пп. 1–20 и термоциклирование взрывчатого вещества на основе PSAN 20 или более раз.

22. Способ по п. 21, отличающийся тем, что средняя прочность на раздавливание взрывчатого вещества на основе PSAN, подвергнутого термоциклированию, увеличивается по меньшей мере на 5 % по сравнению со средней прочностью на раздавливание контрольного взрывчатого вещества на основе PSAN, не подвергнутого термоциклированию, в том числе на 5–100 %, на 10–80 %, на 20–60 % или на 25–40 % выше, чем средняя прочность на раздавливание контрольного взрывчатого вещества на основе PSAN, не подвергнутого термоциклированию.

23. Способ изготовления гранул фазостабилизированного нитрата аммония (PSAN), включающий:

получение раствора PSAN, содержащего соль калия и нитрат аммония; и кристаллизацию раствора PSAN с образованием гранул PSAN посредством прикапывания жидких капель раствора PSAN в грануляционную башню, при этом температурный предел для гранул PSAN в нижней части грануляционной башни составляет по меньшей мере 85 °C.

24. Способ по п. 23, отличающийся тем, что температурный предел для гранул PSAN в нижней части грануляционной башни составляет по меньшей мере 86 °C, по меньшей мере 87 °C, по меньшей мере 88 °C, по меньшей мере 89 °C или по меньшей мере 90 °C.

25. Способ по п. 23, отличающийся тем, что температурный предел для гранул PSAN в нижней части грануляционной башни составляет от 85 °С до 95 °С или от 85 °С до 90 °С.

26. Способ по любому из пп. 23–25, дополнительно включающий: объединение агента, повышающего пористость, с раствором PSAN.

27. Способ по любому из пп. 23–26, дополнительно включающий: перемещение гранул PSAN в механизм охлаждения.

28. Способ по п. 27, отличающийся тем, что механизм охлаждения содержит охладитель с псевдооживленным слоем.

29. Способ по п. 27 или 28, отличающийся тем, что температурный предел для гранул PSAN, выходящих из механизма охлаждения, составляет по меньшей мере 35 °С, по меньшей мере 36 °С, по меньшей мере 37 °С, по меньшей мере 38 °С, по меньшей мере 39 °С или по меньшей мере 40 °С.

30. Способ по п. 27 или 28, отличающийся тем, что температурный предел для гранул PSAN, выходящих из механизма охлаждения, составляет от 30 °С до 40 °С, от 32 °С до 40 °С или от 35 °С до 40 °С.

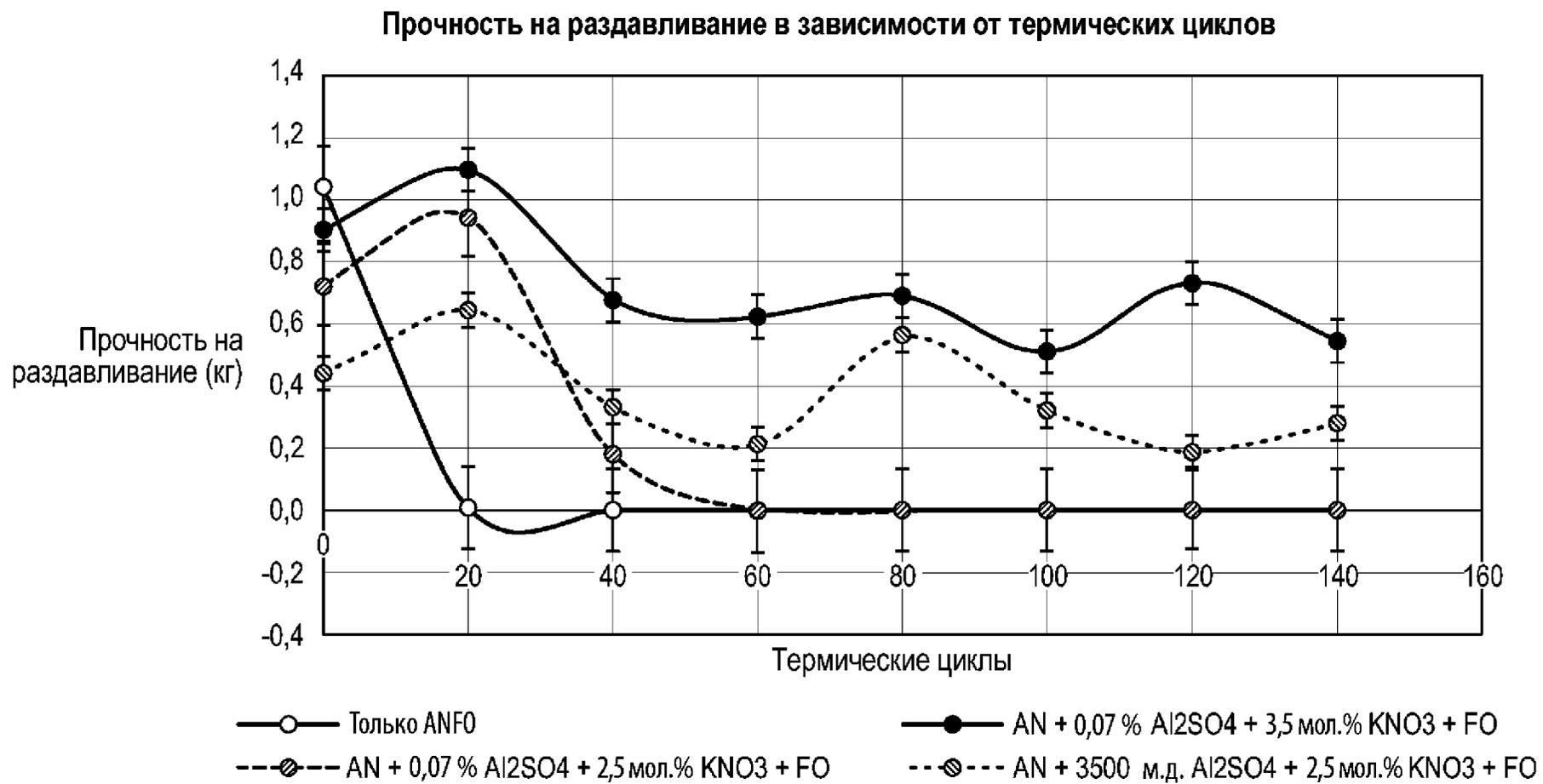
31. Способ по любому из пп. 23–30, отличающийся тем, что скорость гранулирования составляет более 35 т/ч, более 36 т/ч, более 37 т/ч, более 38 т/ч, более 39 т/ч или более 40 т/ч.

32. Способ по любому из пп. 23–30, отличающийся тем, что скорость гранулирования составляет от 35 т/ч до 42 т/ч или от 38 т/ч до 41 т/ч.

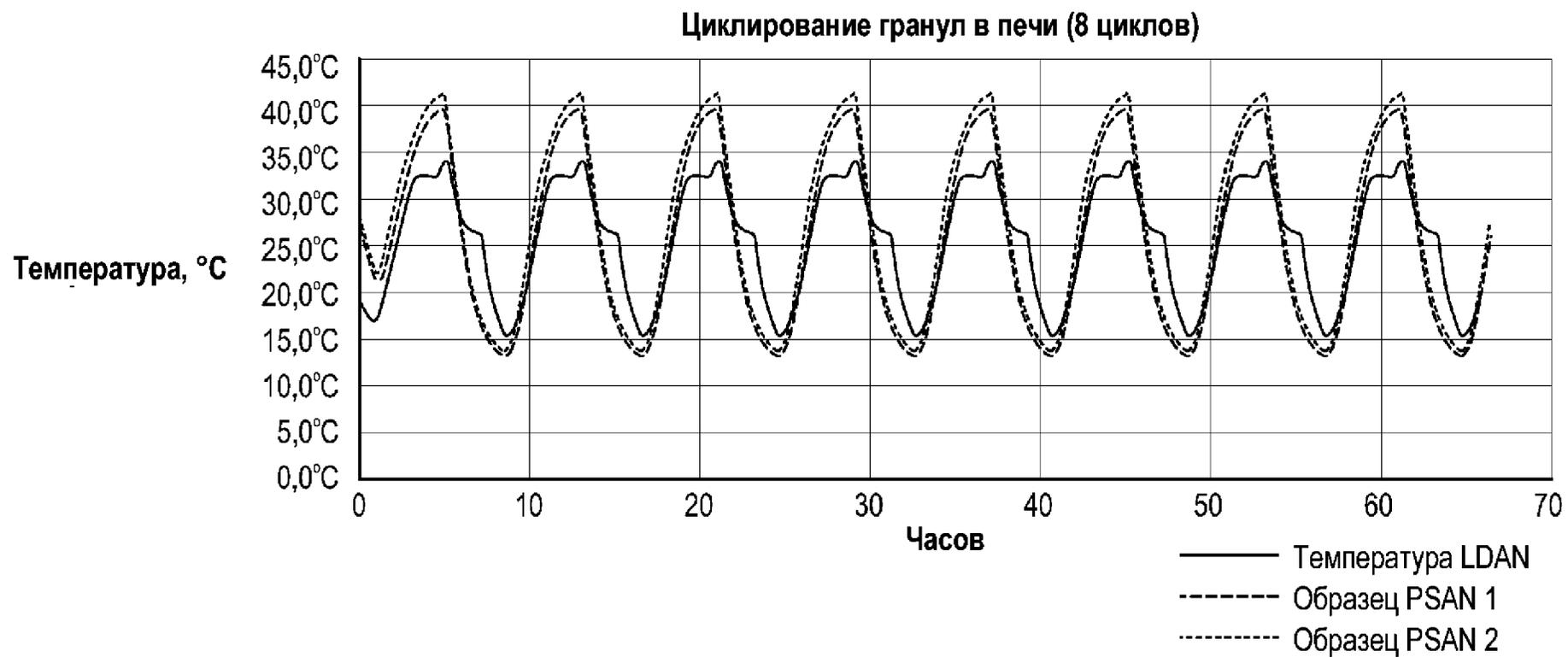
33. Способ по любому из пп. 23–30, отличающийся тем, что скорость гранулирования на по меньшей мере 10 %, по меньшей мере 20 %, по меньшей мере на 30 %, по меньшей мере 40 % или по меньшей мере 50 % выше, чем скорость гранулирования, полученная с использованием растворов обычных гранул LDAN.

34. Способ по любому из пп. 23–30, отличающийся тем, что скорость гранулирования на 10–60 % выше, на 10–50 % выше, на 10–40 % выше, на 10–30 % выше или на 10–20 % выше, чем скорость гранулирования, полученная с использованием обычных растворов для гранулирования LDAN.

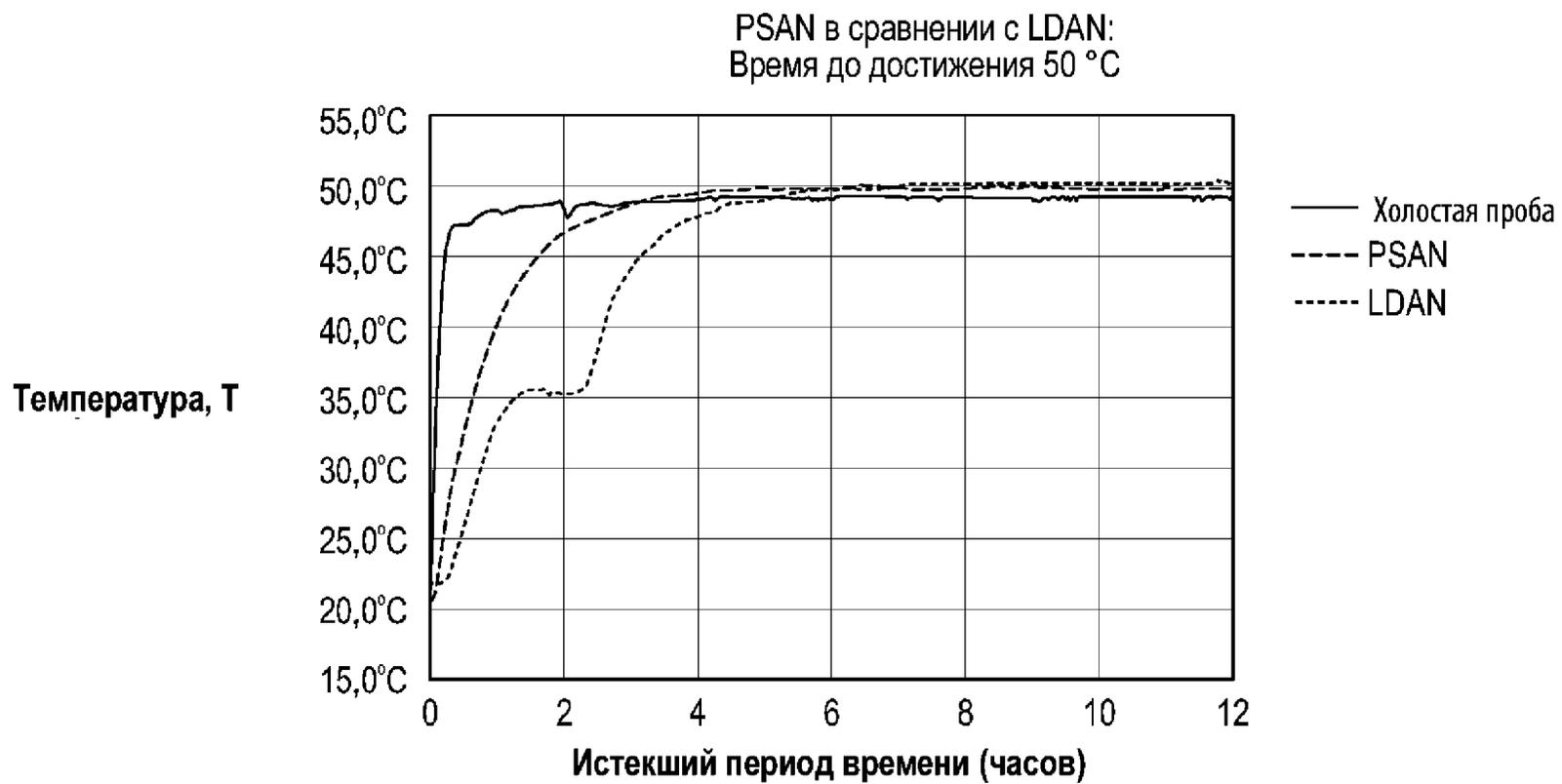
35. Способ по любому из пп. 31–34, отличающийся тем, что температура окружающей среды составляет от 35 °С до 45 °С.



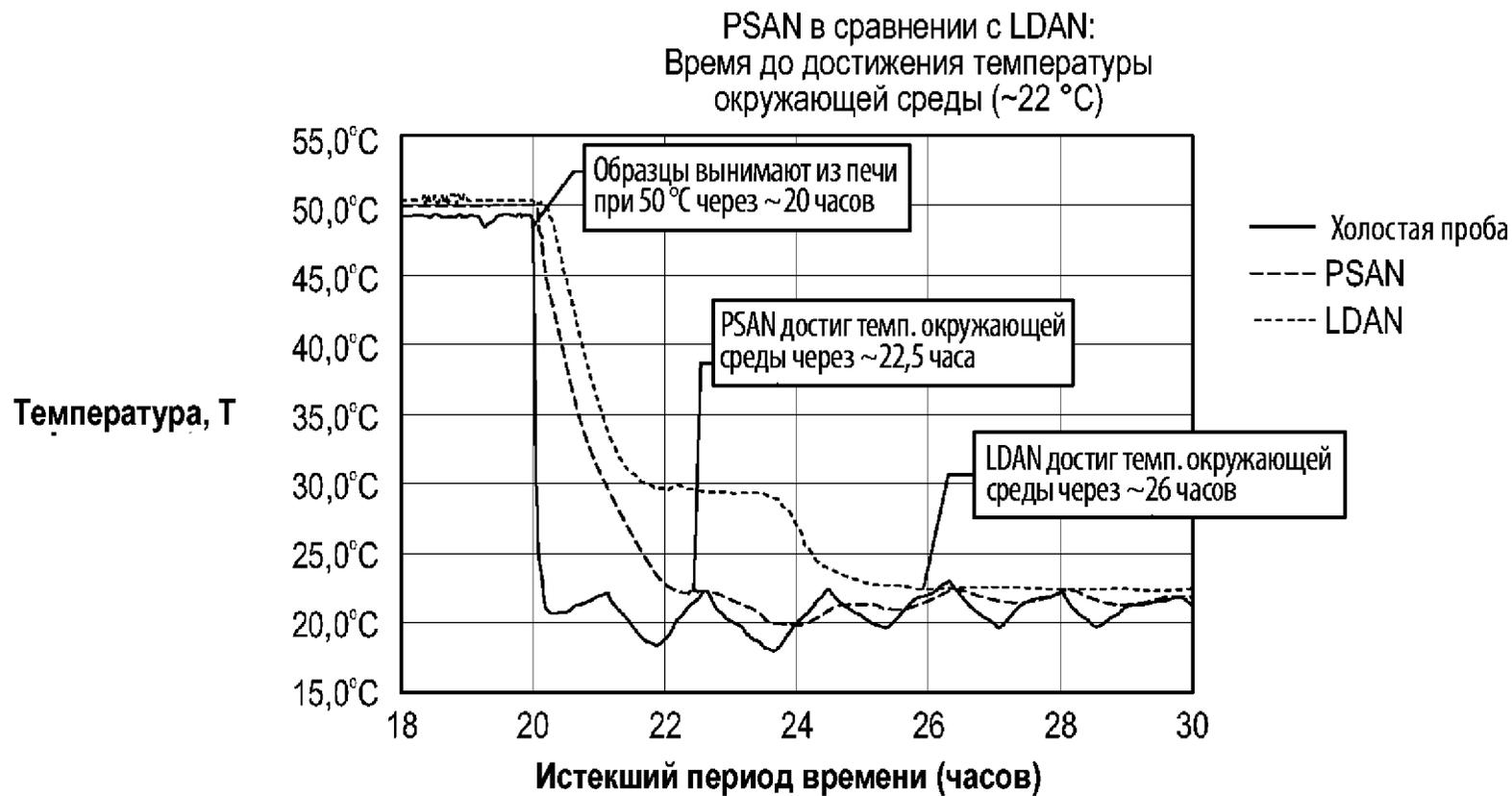
Фиг. 1



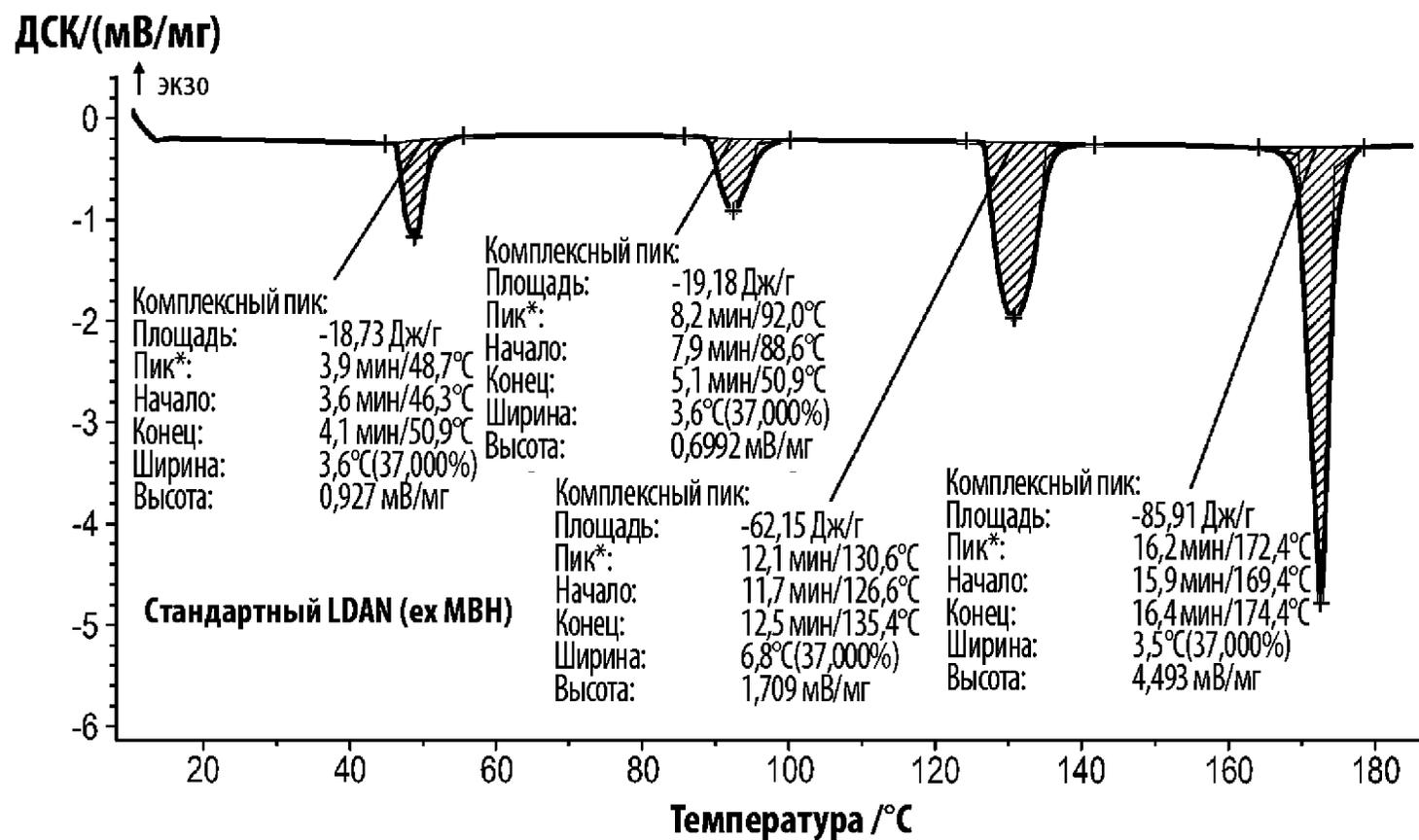
Фиг. 2



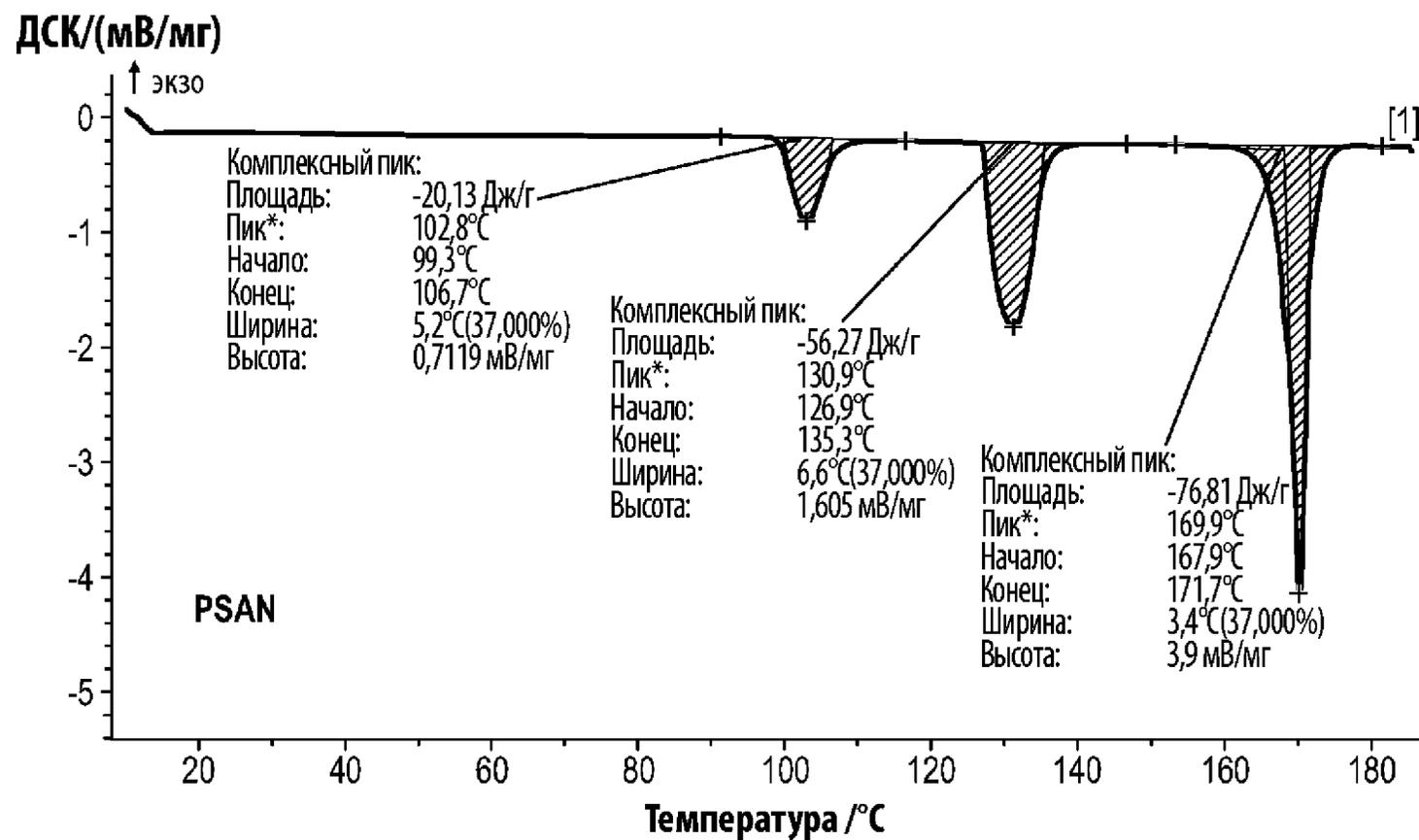
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6