

УДК 621.56/.59: 504.054

Устройства и параметры процесса замораживания техногенных загрязнений жидким и газообразным азотом

Д-р техн. наук К. П. ВЕНГЕР¹, М. А. РОМАНОВ²,
К. В. ТУРАКЕВИЧ³, канд. техн. наук О. А. ФЕСЬКОВ⁴

¹vengerkp@gmail.com, ²beck0.5@mail.ru, ³turakevichkir@mail.ru, ⁴Feskov76@mail.ru

Московский государственный университет пищевых производств

Для ликвидации последствий техногенных загрязнений, в том числе и разливов ракетного топлива, связанных с эксплуатацией ракет-носителей, предлагается использование криогенного метода замораживания с последующей утилизацией загрязненного грунта. Для быстрого замораживания относительно ровной поверхности загрязнений разработано устройство с набором двухзонных модулей с применением жидкого и, образующегося в результате его испарения, газообразного азота. При замораживании в местах со сложным рельефом поверхности загрязненного грунта эффективно использование разработанного распылителя жидкого азота типа «пистолет». Изготовлен опытный образец «пистолета» и проведены испытания, доказывающие заявленную его эффективность. В качестве объекта замораживания использовалось наиболее экологически токсичное ракетное топливо – несимметричный диметилгидразин (НДМГ). На базе предложенных криогенных устройств разработаны математические модели расчета следующих параметров замораживания жидким и газообразным азотом загрязненного грунта: коэффициент теплоотдачи (α), продолжительность процесса (τ) и конечная температура (t_k), обеспечиваемая параметром (τ). Результаты расчета основных параметров замораживания ракетного топлива представлены в виде табличных и графических зависимостей от толщины слоя загрязненного грунта (δ), концентрации НДМГ (C_p) и интервала температур парожидкостного и газообразного азота ($t_{п}$) в широком диапазоне их значений. Полученные основные параметры процесса замораживания загрязненного ракетным топливом грунта жидким и газообразным азотом необходимы при практической реализации предлагаемых криогенных устройств, а используемые методики расчета применимы для любых техногенных загрязнений.

Ключевые слова: замораживание, криогенный модуль, жидкий и газообразный азот, загрязненный грунт, ракетное топливо, техногенные загрязнения.

Информация о статье:

Поступила в редакцию 21.05.2018, принята к печати 20.07.2018

DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-3-14-21

Язык статьи – русский

Для цитирования:

Венгер К. П., Романов М. А., Туракевич К. В., Феськов О. А. Устройства и параметры процесса замораживания техногенных загрязнений жидким и газообразным азотом // Вестник Международной академии холода. 2018. № 3. С. 14–21.

The devices and parameters for technogenic pollution freezing by liquid and gaseous nitrogen

D. Sc. K. P. VENGER¹, M. A. ROMANOV², K. V. TURAKEVICH³,
Ph. D. O. A. FESKOV⁴

¹vengerkp@gmail.com, ²beck0.5@mail.ru, ³turakevichkir@mail.ru, ⁴Feskov76@mail.ru

Moscow National University of Food Production

It is proposed to use the cryogenic freezing method with subsequent disposal of contaminated soil including spills of rocket fuel associated with the operation of carrier rockets to eliminate the consequences of technogenic pollutions. A device with a set of two-zone modules with the use of gaseous nitrogen and liquid nitrogen, formed as a result of its evaporation, was designed to quickly freeze relatively flat contamination surface. When freezing in places with a complex topography of the contaminated soil, the use of «pistol» – the developed sprayer of liquid nitrogen – is effective. A prototype of the «pistol» was made and tests were carried out to prove its claimed effectiveness. The object of freezing was the most environmentally toxic rocket fuel – asymmetric dimethylhydrazine (ADMH). Based on the cryogenic devices proposed mathematical models for calculating the following freezing parameters for liquid and gaseous nitrogen of contaminated soil have been developed: the heat transfer coefficient (α), the process duration (τ) and the final temperature (t_k) provided by the parameter (τ). The results of the calculation of the main parameters for the freezing of rocket fuel are presented in the form of tabular and graphical dependencies on the thickness of the contaminated soil layer (δ), the concentration of ADMH (C_p), and the temperature range of vapor-liquid and gaseous nitrogen ($t_{п}$) over a wide range of their values. Obtained basic parameters of the process of freezing of contaminated ground by liquid and gaseous nitrogen are necessary for practical implementation of the proposed cryogenic devices, and the calculation methods used are applicable for any technogenic pollution.

Keywords: freezing, cryogenic module, liquid and gaseous nitrogen, polluted soil, rocket fuel, technogenic pollution.

Article info:

Received 21/05/2018, accepted 20/07/2018

DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-3-14-21

Article in Russian

For citation:Venger K. P., Romanov M. A., Turakevich K. V., Feskov O. A. The devices and parameters for technogenic pollution freezing by liquid and gaseous nitrogen. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. 2018. No 3. p. 14–21.

Введение

В современном мире все чаще приходится сталкиваться с проблемой неконтролируемых выбросов различных видов промышленных отходов и вредных веществ, связанных с развитием производства и приводящих к техногенным загрязнениям природных сред. Особенно остро стоит вопрос о мерах безопасности при работе с нефтью и продуктами ее переработки. Следует также отметить, что в связи с эксплуатацией ракет-носителей с жидкостными двигательными установками, существует опасность разлива компонентов топлива при аварийных пусках и транспортировке [1–3].

Используемые на сегодняшний день способы устранения последствий техногенных загрязнений (механический, химический и т. п.) отличаются малой эффективностью и высокой трудоемкостью [4–11]. Помимо вышеуказанных недостатков можно также отметить дороговизну и ограниченность применения каждого отдельного способа, что связано с различными физико-химическими свойствами загрязняющих жидкостей [12]. Некоторые поверхностно активные вещества, используемые для очистки территории сами по себе можно отнести к загрязнителям. Кроме того, в ряде случаев происходит проникновение смеси загрязняющего компонента и реагента на глубину, по меньшей мере, в 3 раза превышающую глубину проникновения необработанного загрязнителя.

Для решения этих задач наиболее перспективным можно считать применение жидкого азота, который позволяет осуществить быстрое промораживание грунта, загрязненного ракетным топливом и продуктами его деградации, с последующей его утилизацией. Данный метод работает по принципу проточной системы хладоснабжения и предусматривает одноразовое использование криоагента [13–18].

Специалистами кафедры холодильной техники МГУ пищевых производств разработаны устройства с азотной системой хладоснабжения для замораживания техногенных загрязнений на базе 2-х зонного модуля и распылительного устройства типа «пистолет». Данные криогенные устройства были взяты за основу в приведенных исследованиях.

Цели и задачи исследования

Целью данной работы является исследование процесса замораживания загрязненного грунта ракетным топливом с учетом условий работы разработанных криогенных устройств.

Задачи исследования:

— расчет с использованием разработанных аналитических моделей, основных параметров замораживания

ракетного топлива на базе предложенных криогенных устройств;

— оценка степени влияния характеристик ракетного топлива на параметры процесса его замораживания.

Цель и задачи исследований определены в плане реализации совместного с ЗАО «ЭКА» проекта «ЭКА-криоген» — создание криогенных установок для быстрого замораживания пищевых продуктов и защитного слоя грунта для очистки от техногенных загрязнений».

Устройства и методы, используемые в работе

Предлагаемое модульное криогенное устройство, на которое получен Патент РФ [19], включает тягач с установленной на нем цистерной с запасом жидкого азота и аппарат, состоящий из нескольких криогенных модулей, который соединяется с тягачом тросами. Число криогенных модулей в аппарате определяет ширину обрабатываемой поверхности [20, 21].

Модуль представляет собой теплоизолированную камеру, обращенную открытой частью к замораживаемой поверхности и состоит из 2-х зон, соответствующих различным температурным уровням процесса криогенного замораживания техногенных загрязнений.

В I-ой зоне происходит орошение загрязненной поверхности жидким азотом ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), путем его распыления через форсунки. Газообразный азот, образующийся при испарении жидкого азота, циркулирует в зоне II предварительного охлаждения загрязненного грунта.

После замораживания осуществляется процесс утилизации загрязненного слоя, для которого возможно использование техники и технологии механизированного снятия старого слоя асфальта с дорожного покрытия [3, 21].

Следует отметить, что данное устройство с двухзонной азотной системой хладоснабжения целесообразно и удобно использовать для ровной загрязненной поверхности. Для неровных участков обрабатываемой загрязненной поверхности предлагается использовать метод распыления газообразного азота. Для этой цели использовано устройство «ранцевый огнетушитель», на которое получен Патент РФ [22]. Основным элементом устройства является распылитель типа «пистолет».

В приведенных расчетах используются характеристики работы изготовленного экспериментального образца «пистолета», общий вид которого с четырьмя распылительными форсунками на общем коллекторе показан на рис. 1. На рис. 2 представлены результаты экспериментальных исследований работы «пистолета» с использованием жидкого азота.



Рис. 1. Криогенное распылительное устройство типа «пистолет»

Fig. 1. The «pistol»-cryogenic sprayer of liquid nitrogen



Рис. 2. Обработка объекта замораживания азотным распылительным устройством типа «пистолет»

Fig. 2. Freezing by the «pistol»-cryogenic sprayer of liquid nitrogen

Результаты проведенных экспериментальных исследований доказали, что использование данного устройства типа «пистолет» полностью оправдывает заявленную его эффективность и может быть использовано для локализации токсичных веществ различной природы в труднодоступных местах.

Математическое моделирование

На базе предложенных устройств разработаны математические модели расчета основных параметров процесса замораживания загрязненного грунта жидким и газообразным азотом.

Исследуемый в работе токсикант — ракетное топливо может приводить к серьезным загрязнениям плодородного слоя, открытых водоемов и подземных водоносных слоев, а также атмосферного воздуха, испаряясь из почвы и поступая с пылью. Для предотвращения таких последствий целесообразно использовать быстрое замораживание криоагентом поверхности загрязненного грунта.

Методика определения параметров процесса замораживания ракетного топлива основывается на математических моделях, используемых для нефтяных загрязнений [3]. Основное отличие предлагаемых методик расчета загрязнения почвы НДМГ от нефти заключается в способе дифференциации загрязненного грунта: помимо толщины загрязнения, варьируются концентрации НДМГ и продуктов его трансформации на определенной глубине залегания через изменение теплотехнических характеристик почвы. Для расчетов используются усредненные параметры почвы и НДМГ.

Ниже представлены результаты аналитических расчетов следующих параметров процесса замораживания грунта, загрязненного ракетным топливом: коэффициент теплоотдачи (α), продолжительность процесса (τ) и конечная температура замороженного объекта (t_k).

При расчетах двухзонного криогенного модуля принимаются следующие исходные параметры:

- начальная температура объекта $t_n = 20$ °С;
- глубина распространения продукта деградации НДМГ $\delta = 0,05 \div 0,3$ м;

- температура жидкого азота во II зоне модуля $t_{аз.ж} = -196$ °С;
- температура газообразного азота в I зоне модуля $t_{аз.г} = -150 \div -120$ °С;
- уровень концентрации НДМГ $C_n = 5 \div 100$ %.

При расчете процесса с применением криогенного пистолета использовалась температура газообразного азота $t_{аз.г} = -150 \div -120$ °С.

Основные результаты, полученные в процессе работы

Важным параметром при расчете продолжительности замораживания объекта является коэффициент теплоотдачи (α). Предложена методика расчета α для каждой зоны азотного модуля, результаты которых представлены в табл. 1.

Расчитана, с использованием математических моделей, продолжительность замораживания загрязненного ракетным топливом грунта в первой и второй зонах азотного модуля и, в итоге, общего времени τ .

Результаты расчета общей продолжительности процесса замораживания (τ), в зависимости от условий организации процесса и с учетом принятой температуры газообразного азота в первой зоне модуля $t_{аз.г} = -150$ °С, представлены в табл. 2 и на рис. 3.

Определен уровень конечных температур замораживания ракетного топлива в каждой зоне модуля установки с учетом полученных значений продолжительности процесса.

В табл. 3 представлены значения конечной температуры замораживаемого объекта в зонах циркуляции газообразного азота (t_k') и орошения жидким азотом (t_k'') для концентрации НДМГ $C_n = 5 \div 25$ % и в табл. 4 при $C_n = 50 \div 100$ %.

При расчете параметров процесса замораживания НДМГ азотным «пистолетом» учитывалась особенность его протекания в условиях максимальной подвижности устройства и работы в атмосферном воздухе при различных погодных условиях. Также при использовании «пистолета» необходимо учитывать, что обработка загряз-

Таблица 1

Значение коэффициента теплоотдачи α в зависимости от различной толщины загрязненного грунта продуктами деградации НДМГ δ и температуры подачи азота $t_{аз}$

Table 1

Heat transfer coefficient α depending on the thickness of the soil contaminated by ADMH degradation products δ and the temperature of nitrogen input $t_{аз}$

| Толщина загрязненного грунта продуктами деградации НДМГ δ , м | Коэффициент теплоотдачи α , Вт/(м ² ·К) при температуре азота $t_{аз}$ | | | | |
|--|--|-----------------------------------|------|------|------|
| | Жидкий азот $t_{аз ж}$, °С | Газообразный азот $t_{аз г}$, °С | | | |
| | | -196 | -150 | -140 | -130 |
| 0,05 | 99,22 | 16,7 | 13,9 | 13,3 | 12,7 |
| 0,10 | 82,46 | 12,8 | 12,1 | 11,5 | 11,1 |
| 0,15 | 69,32 | 11,8 | 11,2 | 10,6 | 10,2 |
| 0,20 | 62,63 | 11,2 | 10,5 | 10,1 | 9,6 |
| 0,25 | 58,33 | 10,7 | 10,1 | 9,6 | 9,2 |
| 0,30 | 55,15 | 9,9 | 9,4 | 9,1 | 8,6 |

Таблица 2

Значение продолжительности процесса замораживания τ в зависимости от различной толщины загрязненного грунта δ и различных уровней концентрации НДМГ и продуктов его деградации в почве C_n

Table 2

Freezing time depending on the thickness of the soil contaminated δ and levels of ADMH and its degradation product concentration in the soil C_n

| Толщина загрязненного грунта продуктами деградации НДМГ δ , м | Продолжительность процесса замораживания τ , мин при разных уровнях концентрации НДМГ и продуктов его деградации в почве C_n , % | | | | | |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 0,05 | 26,2 | 30,8 | 34,9 | 46,2 | 56,2 | 71,0 |
| 0,10 | 41,9 | 49,6 | 55,8 | 73,9 | 89,6 | 113,6 |
| 0,15 | 67,1 | 80,1 | 89,9 | 118,9 | 144,2 | 184,1 |
| 0,20 | 93,9 | 116,7 | 148,3 | 191,5 | 233,7 | 298,1 |
| 0,25 | 128,7 | 182,4 | 240,3 | 310,2 | 378,5 | 485,9 |
| 0,30 | 173,8 | 270,5 | 391,7 | 508,7 | 624,6 | 801,8 |

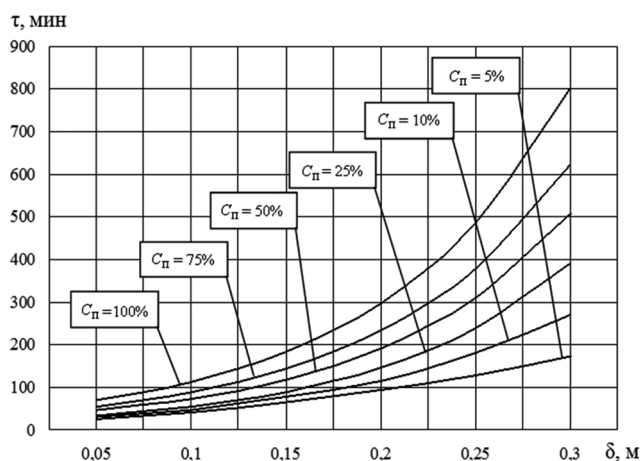


Рис. 3. Зависимость продолжительности замораживания τ от толщины загрязненного грунта продуктами деградации НДМГ δ и его концентрации C_n в почве

Fig. 3. The dependence of freezing time on the thickness of the soil contaminated by ADMH degradation products δ and the concentration of the products C_n in the soil

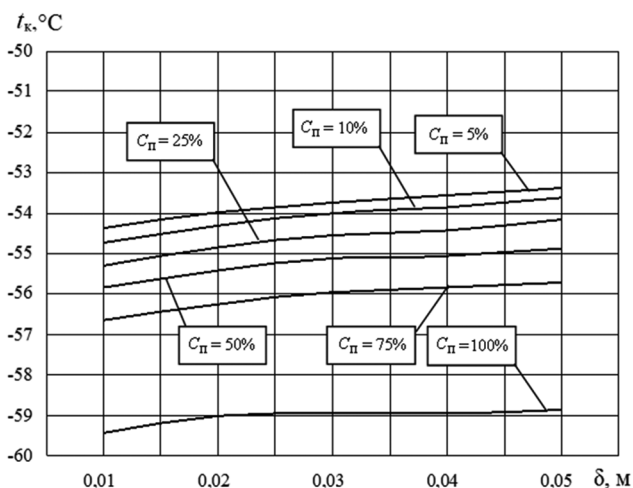


Рис. 4. Зависимость конечной температуры t_k в рабочей зоне от толщины загрязненного грунта продуктами деградации НДМГ δ при разных концентрациях C_n в почве

Fig. 4. The dependence of the final temperature t_k in operating area on the thickness of the soil contaminated by ADMH degradation products δ under the different levels of the product concentration C_n in the soil

нения протекает в режиме распыления газообразного азота. При этом необходимо предусмотреть равномерное распределение азота по поверхности загрязнения, чтобы избежать проблем с утилизацией замороженного грунта и обеспечить условия близкие к обработке в криогенном модуле. Следует отметить, что при расчете продолжительности процесса замораживания объекта «пистолетом» принимаются условия второй зоны криогенного модуля с таким же температурным интервалом газообразного азота.

Результаты расчетов основных параметров замораживания загрязненного НДМГ грунта с использованием

распылительного устройства типа «пистолет» представлены в следующем порядке: коэффициент теплоотдачи (α) — табл. 5; продолжительность замораживания (τ) — табл. 6; конечная температура объекта замораживания (t_k) — рис. 4.

Обсуждение результатов работы

Основными параметрами при эксплуатации предлагаемых криогенных устройств являются продолжительность (τ) и конечная температура (t_k) замораживания ракетного топлива. Полученные результаты расчетов по-

Таблица 3

Значение конечных температур объекта t'_k и t''_k в зависимости от различной толщины загрязненного грунта δ и различных уровней концентрации НДМГ в почве C_n при $t_{азг} = -150^\circ\text{C}$

Table 3

The final temperatures of t'_k and t''_k objects depending on the thickness of contaminated soil δ and the levels of ADMH concentration C_n at the temperature of liquid nitrogen $t_{азг} = -150^\circ\text{C}$

| Толщина загрязненного грунта продуктами деградации НДМГ δ , м | Конечные температуры объекта t'_k и t''_k при различной концентрации НДМГ в почве C_n при $t_{азг} = -150^\circ\text{C}$ | | | | | |
|--|--|---------|--------|---------|--------|---------|
| | 5% | | 10% | | 25% | |
| | t'_k | t''_k | t'_k | t''_k | t'_k | t''_k |
| 0,05 | -33,6 | -57,2 | -39,1 | -65,1 | -45,2 | -73,4 |
| 0,10 | -38,3 | -64,4 | -44,0 | -73,2 | -49,8 | -80,5 |
| 0,15 | -41,5 | -68,2 | -45,2 | -77,5 | -52,9 | -84,5 |
| 0,20 | -43,1 | -71,7 | -45,7 | -80,8 | -54,5 | -87,8 |
| 0,25 | -44,5 | -73,2 | -46,9 | -82,5 | -55,7 | -89,4 |
| 0,30 | -45,4 | -74,0 | -48,1 | -83,4 | -56,9 | -90,3 |

Таблица 5

Значение коэффициента теплоотдачи α в зависимости от различной толщины загрязненного грунта продуктами деградации НДМГ δ и различных температурах подачи газообразного азота $t_{азг}$

Table 5

The values of heat transfer coefficient α depending on the thickness of the soil contaminated by ADMH δ and the different temperature of liquid nitrogen supply $t_{азг}$

| Толщина загрязненного грунта продуктами деградации НДМГ δ , м | Коэффициент теплоотдачи α , Вт / (м ² ·К) при температуре газообразного азота $t_{азг}$ | | | |
|--|---|---------|---------|---------|
| | -150 °C | -140 °C | -130 °C | -120 °C |
| 0,01 | 37,1 | 35,4 | 33,8 | 32,6 |
| 0,02 | 32,3 | 30,8 | 29,5 | 28,4 |
| 0,03 | 29,8 | 28,4 | 27,1 | 26,2 |
| 0,04 | 28,1 | 26,8 | 25,6 | 24,7 |
| 0,05 | 26,9 | 25,6 | 24,5 | 23,6 |

звolyают количественно оценить их зависимость от температурного потенциала жидкого и газообразного азота, а также глубины распространения (δ) и уровня концентрации (C_n) ракетного топлива в загрязненном грунте.

Следует отметить существенное влияние на параметры процесса замораживания уровня концентрации (C_n) ракетного топлива в загрязненном грунте. Так, например, при 50% концентрации НДМГ в загрязненном слое параметр (τ) увеличивается в 1,8 раза, а при 100% — почти в 2,5 раза, по сравнению с минимальной концентрацией в 5%, что можно объяснить теплофизическими характеристиками ракетного топлива.

С увеличением концентрации (C_n) ракетного топлива в загрязненном слое грунта требуется более низкая

Таблица 4

Значение конечных температур объекта t'_k и t''_k в зависимости от различной толщины загрязненного грунта δ и различных уровней концентрации НДМГ в почве C_n при $t_{азг} = -150^\circ\text{C}$

Table 4

The final temperatures of t'_k and t''_k objects depending on the thickness of contaminated soil δ and the levels of ADMH concentration C_n at the temperature of liquid nitrogen $t_{азг} = -150^\circ\text{C}$

| Толщина загрязненного грунта продуктами деградации НДМГ δ , м | Конечные температуры объекта t'_k и t''_k при различной концентрации НДМГ в почве C_n при $t_{азг} = -150^\circ\text{C}$ | | | | | |
|--|--|---------|--------|---------|--------|---------|
| | 50% | | 75% | | 100% | |
| | t'_k | t''_k | t'_k | t''_k | t'_k | t''_k |
| 0,05 | -49,4 | -88,2 | -55,3 | -103,7 | -61,9 | -119,2 |
| 0,10 | -53,8 | -95,7 | -59,5 | -111,4 | -66,0 | -126,3 |
| 0,15 | -56,5 | -99,9 | -62,3 | -115,6 | -68,6 | -130,6 |
| 0,20 | -57,9 | -102,6 | -63,6 | -117,9 | -69,9 | -132,8 |
| 0,25 | -59,2 | -103,9 | -64,9 | -119,2 | -71,0 | -134,0 |
| 0,30 | -60,4 | -104,5 | -65,8 | -120,0 | -71,9 | -134,8 |

Таблица 6

Значение продолжительности процесса замораживания τ в зависимости от различной толщины загрязненного грунта δ и различных уровней концентрации НДМГ и продуктов его деградации в почве C_n при $t_{азг} = -150^\circ\text{C}$

Table 6

Freezing time τ depending on the thickness of contaminated soil δ and the levels of ADMH concentration C_n at the temperature of liquid nitrogen $t_{азг} = -150^\circ\text{C}$

| Толщина загрязненного грунта продуктами деградации НДМГ δ , м | Продолжительность процесса замораживания τ , мин при разных уровнях концентрации НДМГ в почве C_n , % и температуре газообразного азота $t_{азг} = -150^\circ\text{C}$ | | | | | |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 10 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 0,01 | 6,007 | 6,047 | 6,164 | 6,335 | 6,426 | 6,338 |
| 0,02 | 16,13 | 16,28 | 16,75 | 17,52 | 18,17 | 18,41 |
| 0,03 | 29,65 | 29,99 | 31,05 | 32,86 | 34,55 | 35,59 |
| 0,04 | 46,38 | 46,97 | 48,85 | 52,15 | 55,38 | 57,72 |
| 0,05 | 66,21 | 67,14 | 70,07 | 75,31 | 80,58 | 84,69 |

температура его замерзания. Так, при его концентрации в 50 и 100% конечная температура замерзания должна быть понижена, в среднем, в 1,4 и 3 раза соответственно. Толщина загрязненного грунта (δ) значительно в меньшей степени, чем концентрация (C_n), влияет на величину конечной температуры (t_k). Так, при увеличении (δ) на каждые 0,05 м температура (t_k) снижается, в среднем, на 1,5 °C.

Представленные результаты расчетов показали, что при использовании распылительного устройства типа «пистолет» требуется больше времени (τ), чтобы заморозить загрязнение ракетным топливом с аналогичными параметрами (δ) и (C_n). Объясняется это тем, что в двухзонном модуле используется холодильный потенциал

фазового перехода жидкого азота при его распылении и холодильный потенциал образующегося при этом газообразного азота. Устройство типа «пистолет» использует только газообразный азот и, соответственно, его холодильный потенциал.

Выводы

Для ликвидации последствий разливов ракетного топлива наиболее эффективным можно считать криогенный метод и разработанные устройства для замораживания и последующей утилизации загрязненного слоя грунта.

Литература

1. Венгер К. П. и др. Криогенные установки для ликвидации последствий техногенных загрязнений и пожаротушения. // Материалы VIII Международной научно-технической конференции «Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке». — СПб.: Университет ИТМО. 2017. С. 135–138.
2. Ищенко А. Д. Применение технологий использования замораживания и тушения пожаров на базе жидкого азота при испытаниях и эксплуатации стратегических ракетных систем. // Сборник трудов Научно-технической конференции «Проблемы разработки и внедрения прорывных технологий в интересах создания и применения стратегических ракетных систем». Том 2 «Технологии». — М.: 4ЦНИИ Минобороны России. 21 апреля 2016. С. 62–67.
3. Орловский Д. Е. Разработка оборудования и процесса замораживания нефтяных загрязнений грунта с использованием жидкого азота: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.04.03 / Орловский Дмитрий Евгеньевич. — М.: Полисувенир, 2008. 26 с.
4. Кручинин Н. А. Методы инженерной экологии потенциально опасных веществ. На примере ЖРТ. — М.: СИП РИА. 2005. 296 с.
5. Патент РФ № 2166583 «Устройство для сбора нефти и нефтепродуктов с водной поверхности под ледяным покровом» авторов: Трусков П. А., Самойлов Б. В., опублик. в БИ № 13, 10.05.2001.
6. Патент РФ № 2169230 «Способ локализации и ликвидации последствий аварийных разливов опасных жидкостей» авторов: Флегонтов Н. С., Финоченко В. А., опублик. в БИ № 28, 10.10.1999.
7. Патент РФ № 94035710 «Способ очистки загрязненного нефтью или нефтепродуктом грунта» авторов: Самойлов Б. В., Макаров С. П., Зайцев С. П., Некрасова А. П., опублик. 27.05.1997.
8. Patent FR 2513856, A23B4 / 06 Procédé de préparation et de formage de viande hachée surgelées (Lermuzeaux A.), publ. 06.10.1981.
9. UK Patent Application GB 2273121 Machine and method for recovering spilled oil from shoreline (Fahad Abdul-Mohsen Al-Ajmi), published 06.08.1994.
10. United States Patent № 4043140 Cryogenic beach cleaner (Robert F. Wendt, Jan R. Acker, Norman R. Braton), published 23.08.1977.
11. United States Patent № 4966493 Process and apparatus for cleaning contaminated soil (Dieter Rebhan), published 30.10.1990.

Представлены конструкции устройств для замораживания загрязнений на ровной поверхности на базе 2-х зонного модуля с использованием газожидкостного азота и в труднодоступных местах — распылителя газообразного азота типа «пистолет».

Полученные результаты расчетов позволяют для конкретного случая загрязненного ракетным топливом грунта выбрать вариант криогенного устройства и определить режимные параметры замораживаемого объекта.

Используемые методики расчета параметров процесса замораживания разливов ракетного топлива криогенными устройствами могут использоваться для большинства разновидностей техногенных загрязнений.

Referenses

1. Venger K. P. et al. Cryogenic installations for liquidation of consequences of technogenic pollution and firefighting. Proceedings of the VIII International Scientific and Technical Conference «Low-Temperature and Food Technologies in the 21st Century». SPb.: ITMO University. 2017. P. 135–138. (in Russian)
2. Ishchenko A. D. et al. Application of technologies for the use of freezing and extinguishing fires on the basis of liquid nitrogen in the testing and operation of strategic missile systems. Proceedings of the Scientific and Technical Conference «Problems of Development and Implementation of Breakthrough Technologies in the Interests of the Creation and Application of Strategic Missile Systems». Moscow: 4CSRI of the Russian Ministry of Defense. Vol. 2 «Technology». April 21, 2016. P. 62–67. (in Russian)
3. Orlovsky D. E. Development of equipment and process of freezing oil contamination of soil with the use of liquid nitrogen: the author's abstract. dis. PhD. 05.04.03 / Orlovsky Dmitry Evgenievich. Moscow: Polisuvenir. 2008. 26 p. (in Russian)
4. Kruchinin N. A. Methods of engineering ecology of potentially hazardous substances. On the example of the ZHRT. Moscow: SIP RIA. 2005. 296 p. (in Russian)
5. Patent of the Russian Federation No. 2166583 «Device for collecting oil and oil products from a water surface under the ice cover» by the authors: Truskov P. A., Samoilov B. V., publ. in BI No. 13, May 10, 2001. (in Russian)
6. Patent of the Russian Federation No. 2169230 «Method of localization and liquidation of consequences of emergency spills of hazardous liquids» by the authors: Flegontov N. S., Finochenko V. A., publ. in the BI No. 28, October 10, 1999. (in Russian)
7. Patent of the Russian Federation No. 94035710 «Method of cleaning contaminated with oil or oil products» by the authors: Samoilov B. V., Makarov S. P., Zaitsev S. P., Nekrasova A. P., publ. May 27, 1997. (in Russian)
8. Patent FR 2513856, A23B4 / 06 Procédé de préparation et de formage de viande hachée surgelées (Lermuzeaux A.), publ. 06.10.1981.
9. UK Patent Application GB 2273121 Machine and method for recovering spilled oil from shoreline (Fahad Abdul-Mohsen Al-Ajmi), published 06.08.1994.
10. United States Patent № 4043140 Cryogenic beach cleaner (Robert F. Wendt, Jan R. Acker, Norman R. Braton), published 23.08.1977.
11. United States Patent № 4966493 Process and apparatus for cleaning contaminated soil (Dieter Rebhan), published 30.10.1990.

12. Бурсак А. Укротительница нефтяных пятен // Секрет фирмы. 2006. № 21. с. 32
13. Антонов А. А., Венгер К. П. Азотные системы хладоснабжения для производства быстрозамороженных пищевых продуктов. — Рязань: Узорець, 2002. 207 с.
14. Антонов А. А., Венгер К. П., Фесков О. А. Использование криогенных систем на базе жидкого азота для очистки различных природных сред от техногенных загрязнений // Сб. научных работ «Надежность и техническая диагностика оборудования перерабатывающих отраслей АПК». — М., 2005. С. 100–101.
15. Антонов А. А. и др. Азотный туннельный аппарат для быстро замораживания пищевых продуктов и защитного слоя грунта для очистки его от техногенных загрязнений. // Материалы 4-й МНТК «Современные проблемы холодильной техники и технологии». — Украина, Одесса, 2006. С. 46–47.
16. Антонов А. А. Совершенствование производства быстрозамороженных пищевых продуктов с использованием низкотемпературных проточных систем хладоснабжения: автореф. дис.... докт. техн. наук: 05.18.04 / Антонов Анатолий Алексеевич. — М.: МГУПБ. 2003. 39 с.
17. Арбузов С. Н. Разработка процесса и принципов аппаратного оформления проточной азотной системы для холодильной обработки пищевых продуктов: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.18.12 / Арбузов Сергей Николаевич. — М.: МГУПБ. 2000. 30 с.
18. Пчелинцев С. А. Совершенствование процесса и оборудования быстрого замораживания пищевых продуктов с использованием азотной проточной системы хладоснабжения: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.04.03 / Пчелинцев Сергей Александрович. — М.: МГУПБ. 2001. 38 с.
19. Патент РФ № 2286857 «Устройство для криогенного замораживания грунта» авторов: Венгер К. П., Орловский Д. Е., Фесков О. А., Ширшов В. Е., опубли. в БИ № 31, 10.11.2006.
20. Венгер К. П. и др. Криогенные установки для быстрого замораживания пищевых продуктов и защитного слоя грунта для очистки его от техногенных загрязнений. // Материалы VI Московского международного салона инноваций и инвестиций «Технологический прорыв России: стратегическое партнерство государства и бизнеса». — М., 2006. С. 147–150.
21. Венгер К. П., Орловский Д. Е. Криогенная установка для ликвидации последствий техногенных загрязнений. // Материалы IX международного научна практична конференция ACHIEVEMENT OF SCHOOL-2013. Том 45. — Болгария, София: изд БялГРАД-БГ ООД. 17–25 November, 2013. С. 44–46.
22. Патент РФ № 2414269 «Ранцевый огнетушитель» авторов: Венгер К. П., Минашкин Н. В., Фесков О. А., опубли. в БИ № 8, 20.03.2011.
12. Bursak A. Tamer of Oil Spots. *Secret of the Firm*. 2006. No. 21. p. 32. (in Russian)
13. Antonov A. A., Venger K. P. Nitrogen systems of cold supply for the production of quick-frozen food products. Ryazan: Uzoreche, 2002. 207 p. (in Russian)
14. Antonov A. A., Venger K. P., Feskov O. A. The use of cryogenic systems based on liquid nitrogen for the purification of various natural environments from man-made pollution. // *Sat. scientific works «Reliability and technical diagnostics of equipment of processing industries of agroindustrial complex»*. Moscow, 2005. P. 100–101. (in Russian)
15. Antonov A. A. et al. Nitrogen tunnel apparatus for fast freezing of food products and a protective layer of soil to clean it from man-made pollution. *Materials of the 4th Int. scientific and technical. conf. «Modern problems of refrigeration technology and technology»*. Ukraine, Odessa, 2006. P. 46–47.
16. Antonov A. A. Improvement of production of quick-frozen food products using low-temperature flow systems of cold supply: dis. D. Sc.: 05.18.04 / Antonov Anatoly Alekseevich. Moscow: MSUAB. 2003. 39 p. (in Russian)
17. Arbuzov S. N. Development of the process and principles of the hardware design of a flowing nitrogen system for refrigeration processing of food products: author's abstract. dis. PhD: 05.18.12 / Arbuzov Sergey Nikolaevich. Moscow: MSUAB. 2000. 30 p. (in Russian)
18. Pchelintsev S. A. Improvement of the process and equipment for rapid freezing of food products using a nitrogen flow cooling system: dis. PhD: 05.04.03 / Pchelintsev Sergey Aleksandrovich. Moscow: MSUAB. 2001. 38 p. (in Russian)
19. Patent of the Russian Federation No. 2286857 «Device for cryogenic soil freezing» by the authors: Venger K. P., Orlovsky D. E., Feskov O. A., Shirshov V. E., publ. in BI No. 31, November 10, 2006. (in Russian)
20. Venger K. P. et al. Cryogenic installations for fast freezing of foodstuffs and a protective layer of a ground for its clearing from technogenic pollution. *Proceedings of the VI Moscow International Salon of Innovations and Investments «Technological Breakthrough of Russia: A Strategic Partnership between the State and Business»*. Moscow, 2006. P. 147–150. (in Russian)
21. Venger K. P., Orlovsky D. E. Cryogenic installation for the elimination of the consequences of man-made pollution. *Materialy for IX international scientific practical conference ACHIEVEMENT OF SCHOOL-2013*. Vol. 45. Bulgaria, Sofia: ed. BYALGRAD-BG Ltd.. 17–25 November, 2013. P. 44–46.
22. Patent of the Russian Federation No. 2414269 «Knapsack fire extinguisher» by the authors: Venger K. P., Minashkin N. V., Feskov O. A., publ. in BI No. 8, March 20, 2011. (in Russian)

Сведения об авторах

Венгер Клара Петровна

д. т. н., профессор кафедры ресурсосберегающих процессов и технологий пищевых производств Московского государственного университета пищевых производств, 125080, г. Москва, Волоколамское ш., 11, vengerkp@gmail.com

Information about authors

Venger Klara Petrovna

D. Sc., professor of Department of Resource-saving Processes and Technologies of Food Productions of Moscow National University of Food Production, 125080, Russia, Moscow, Volokolamskoe highway 11, vengerkp@gmail.com

Романов Михаил Александрович

аспирант кафедры ресурсосберегающих процессов и технологий пищевых производств Московского государственного университета пищевых производств, 125080, г. Москва, Волоколамское ш., 11, beck0.5@mail.ru

Туракевич Кирилл Валерьевич

магистрант кафедры ресурсосберегающих процессов и технологий пищевых производств Московского государственного университета пищевых производств, 125080, г. Москва, Волоколамское ш., 11, turakevichkir@mail.ru

Феськов Олег Алексеевич

к. т. н., доцент кафедры ресурсосберегающих процессов и технологий пищевых производств Московского государственного университета пищевых производств, 125080, г. Москва, Волоколамское ш., 11, Feskov76@mail.ru

Romanov Mikhail Aleksandrovich

Graduate student of Department of Resource-saving Processes and Technologies of Food Productions of Moscow National University of Food Production, 125080, Russia, Moscow, Volokolamskoe highway 11, beck0.5@mail.ru

Turakevich Kirill Valerievich

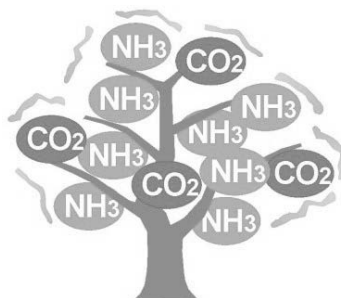
Undergraduate of Department of Resource-saving Processes and Technologies of Food Productions of Moscow National University of Food Production, 125080, Russia, Moscow, Volokolamskoe highway 11, turakevichkir@mail.ru

Feskov Oleg Alekseyevich

Ph. D., associate professor of Department of Resource-saving Processes and Technologies of Food Productions of Moscow National University of Food Production, 125080, Russia, Moscow, Volokolamskoe highway 11, Feskov76@mail.ru



**FIRST ANNOUNCEMENT AND CALL FOR PAPERS
8th INTERNATIONAL CONFERENCE**



Ammonia and CO₂ Refrigeration Technologies

**IIR Commissions: B2 with B1, D1
April 11-13, 2019, Ohrid, Republic of Macedonia**

ABOUT THE CONFERENCE

The topics of the conference are: design of modern ammonia and new CO₂ systems and technological innovations, improving energy efficiency, various applications, technical guidelines and safety regulations. It is very clear: by using more ammonia and CO₂ refrigerants, we are employing environmentally friendly technologies.

MAIN TOPICS

- ✓ Design of modern ammonia (NH₃) systems and technological innovation
- ✓ Design of carbon dioxide (CO₂) refrigeration and heat pump systems
- ✓ New innovative components
- ✓ Energy efficiency of ammonia and CO₂ refrigerating systems
- ✓ Applications of ammonia and CO₂ refrigeration
- ✓ Absorption machines
- ✓ Ammonia and CO₂ systems in developing countries
- ✓ Technical and safety issues; Guidelines and training materials
- ✓ Public awareness of the image and benefits of natural refrigerants

Organized by

Faculty of Mechanical Engineering, University "Ss. Cyril & Methodius" - Skopje
www.mf.edu.mk/web_ohrid2019/ohrid-2019.html

More information:

Faculty of Mechanical Engineering
PO Box 464 1000 Skopje R. Macedonia
e-mail: ristoci@ukim.edu.mk or info@energija.com.mk