

УДК 502.2; 504.61; 621.56/.59

**УСТРОЙСТВА НА БАЗЕ ЖИДКОГО  
АЗОТА ДЛЯ БЫСТРОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ  
С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ УТИЛИЗАЦИЕЙ И ПОЖАРОТУШЕНИЯ**

**DEVICES BASED ON LIQUID NITROGEN  
FOR RAPID FREEZING OF MAN-MADE POLLUTION  
WITH SUBSEQUENT DISPOSAL AND FIRE EXTINGUISHING**

*М.Г. БАЛЫХИН, К.П. ВЕНГЕР, А.Н. СТРЕЛЮХИНА, О.А. ФЕСЬКОВ, М.А. РОМАНОВ*

*M.G. BALYKHIN, K.P. VENGER, A.N. STRELYUKHINA, O.A. FESKOV, M.A. ROMANOV*

(Московский государственный университет пищевых производств)

(Moscow State University of Food Production)

E-mail: mgupp@mgupp.ru; vengerkp@gmail.com; strelyukhinaan@mgupp.ru;  
feskov76@mail.ru; beck0.5@mail.ru

*Предложено использование криогенного метода замораживания для локализации и ликвидации последствий техногенных загрязнений с последующей их утилизацией, а также для пожаротушения. Для этих целей разработано криогенное модульное устройство с применением жидкого и, образующегося в результате его испарения, газообразного азота. Также разработано распылительное устройство типа "пистолет", позволяющее реализовать предложенный метод, основанный на замораживании загрязнения в труднодоступных местах, либо в местах со сложным рельефом поверхности. Изготовлен опытный образец "пистолета" и проведены испытания, доказывающие заявленную его эффективность.*

*It is proposed to use the cryogenic freezing method for localizing and eliminating the effects of man-made pollution with their subsequent disposal, as well as for fire fighting. For these purposes, a cryogenic modular device has been developed using liquid nitrogen gas, which is formed as a result of its evaporation. Also developed a spray device of the "pistol" type, which allows to implement the proposed method based on freezing pollution in hard-to-reach places, or in places with complex surface relief. A prototype of the "pistol" was made and tests were carried out to prove its effectiveness.*

**Ключевые слова:** замораживание, криогенный модуль, распылительное устройство пистолетного типа, жидкий и газообразный азот, техногенные загрязнения.

**Keywords: freezing, cryogenic module, spray device pistol type, liquid and gaseous nitrogen, technogenic pollution.**

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. Серьезным источником веществ-загрязнителей природы и вредного воздействия на человека являются отделочные производства текстильной промышленности.

Используемые на сегодняшний день способы устранения последствий техногенных загрязнений (механический, химический и т.п.) отличаются малой эффективностью и высокой трудоемкостью. Также следует отметить высокую стоимость и ограниченность применения каждого отдельного способа, что связано с различными физико-химическими свойствами загрязняющих жидкостей, а некоторые поверхностно-активные вещества, используемые для очистки территории, сами по себе можно отнести к загрязнителям.

Для решения задач, направленных на устранение техногенных загрязнений, наиболее перспективным можно считать при-

менение экологически безопасного жидкого азота, который позволяет осуществить быстрое замораживание загрязнения, связанного с разливами аварийно химически опасных веществ (АХОВ) и продуктами их деградации, с последующей его утилизацией. Данный метод работает по принципу проточной системы хладоснабжения и предусматривает одноразовое использование криоагента [1].

Сотрудниками кафедры инженерии процессов, аппаратов, холодильной техники и технологий Московского государственного университета пищевых производств разработано конструктивное решение криогенного модульного устройства [2]. Схема предложенного решения представлена на рис. 1: вид А, Б – соответственно продольный и поперечный разрезы криогенного модуля; вид В – борта модуля; вид Г – поперечный разрез борта; вид Д – распылительный коллектор с форсунками: 1 – распылительный коллектор; 2 – форсунки; 3 – боковой борт; 4 – торцевой борт; 5 – нетеплоизолированное ограждение с отверстиями; 6 – герметизирующие борта; 7 – полуфиксатор.

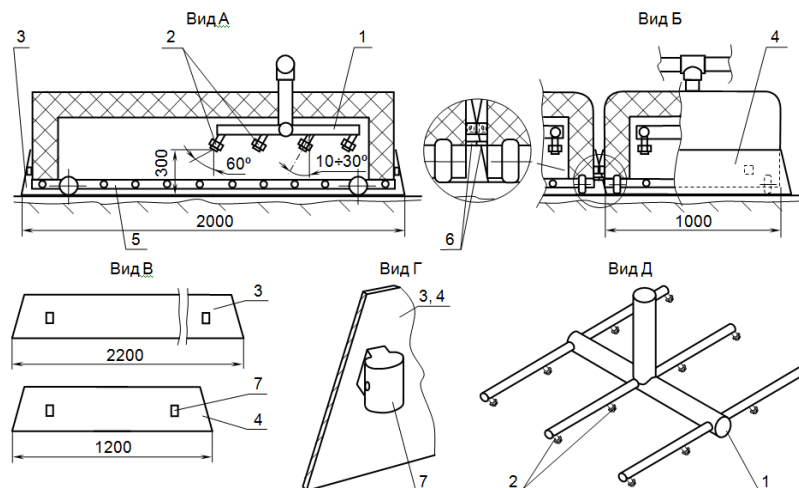


Рис. 1

Данный модуль представляет собой теплоизолированный короб, который обращен открытой частью к замораживаемому загрязнению. Пространство внутри модуля раз-

делено на две зоны, которые соответствуют различным температурным уровням процесса криогенного замораживания техногенных загрязнений.

В целях более полного использования холодильного потенциала жидкого азота и значительного сокращения его расхода в установке применены ограждающие наружные борты, позволяющие удерживать азот внутри короба максимально долго, что обеспечивает продолжительный контакт с обрабатываемым участком загрязненной поверхности, а все трубопроводы, осуществляющие подачу криоагента в модуль, теплоизолированы [3].

Модульная конструкция позволяет обрабатывать загрязнения различной площади посредством присоединения-отсоединения отдельных коробов.

Помимо разливов АХОВ на предприятиях текстильной промышленности не меньшую опасность представляют ситуации, связанные с возникновением и распространением пожаров на данных территориях. В первую очередь, это обусловлено быстрым распространением огня, высокой степенью задымления и ростом температуры внутри горящих помещений, чему способствует большое количество волокнистых веществ, органической пыли, мелких волокон хлопка, льна, пеньки, осевших на станках, оборудовании и конструкциях зданий.

Наибольшую опасность в развитии пожаров представляют волокнистые вещества растительного происхождения, такие как хлопок, лен и пенька, которые в разрыхленном состоянии интенсивно горят открытым пламенем, а в спрессованном (в кипах) горят медленнее, причем огонь проникает внутрь кип. Пожары в помещениях предприятий текстильной промышленности быстро распространяются по системам вентиляции, особенно по вентиляционным каналам из горючих материалов, нередко переходят из одного помещения в другое, на циклоны и в пыльные подвалы. Все это создает большую опасность для людей, находящихся в различных цехах и помещениях [4].



Рис. 3

Для локализации и ликвидации очагов пожаров может быть использовано устройство пистолетного типа, схема которого представлена на рис. 2 (ранцевый огнетушитель с вариантами распылительных насадок: 1 – теплоизоляция; 2 – патрубок для заправки; 3 – крышка-предохранитель; 4 – ручка для переноса; 5 – жидкий криоагент (азот); 6 – манометр и указатель уровня; 7 – выходной фланец; 8 – теплоизолированный трубопровод; 9 – отжимная пружина; 10 – зубчатая шестеренка; 11 – поршень; 12 – ствол; 13 – конический насадок; 14 – форсунка; 15 – коллекторный насадок; 16 – насадок – щелевое сопло). Данное распылительное устройство содержит емкость с жидким азотом в виде теплоизолированного ранца, распылитель пистолетного типа, соединительный трубопровод и насадки различной формы [5].

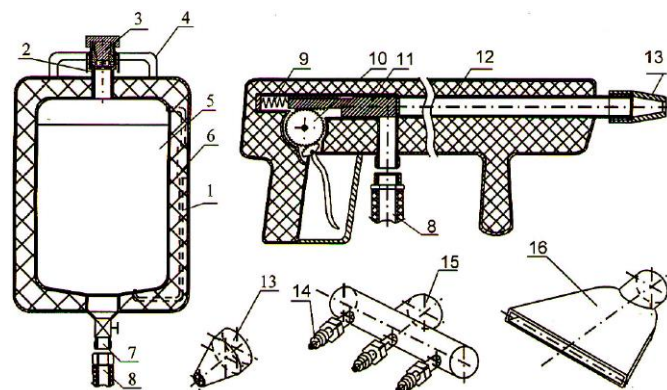


Рис. 2

Изготовлен опытный образец устройства типа "пистолет" для распыления жидкого и газообразного азота, представленный на рис. 3 (криогенное распылительное устройство типа "пистолет"). На примере замораживания нефти проведены экспериментальные исследования, доказавшие заявленную эффективность предлагаемой конструкции.

Для практической реализации различных видов задач сконструированы два типа распылительных насадок – распределительный коллектор с четырьмя распылительными форсунками и щелевое сопло, обладающие различной эффективностью в каждой конкретной ситуации. Для наиболее безо-



Рис. 4

следует отметить, что распылитель типа "пистолет", наряду с криогенным модулем, также может быть использован для обработки загрязнений, вызванных разливом АХОВ.

## ВЫВОДЫ

1. Разработаны математические модели расчета основных параметров замораживания (продолжительности процесса ( $\tau$ ) и конечной температуры ( $t_k$ )) загрязнений жидким и газообразным азотом, адекватность которых подтверждена экспериментальными исследованиями. Данные параметры необходимы при практической реализации предлагаемых криогенных устройств, а используемые методики расчета применимы для любых видов техногенных загрязнений [1].

2. Основные преимущества разработанных криогенных устройств: эффективность процесса очистки, создание взрывобезопасной атмосферы над местом аварийного разлива и экологическая безопасность метода. Важно и то, что устройства, использующие криогенный способ замораживания, компактны, обладают малым энергопотреблением и просты в эксплуатации.

3. Перспективность использования данных криогенных устройств подтверждается тем фактом, что в России производством жидкого азота занимаются более 1200 предприятий, расположенных от Калининграда

до Дальнего Востока, то есть практически криопродукт доступен для реализации данного проекта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Венгер К.П. и др. Устройства и параметры процесса замораживания техногенных загрязнений жидким и газообразным азотом // Вестник МАХ. – 2018, №3. С. 14...21. DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-3-14-21.
2. Устройство для криогенного промораживания грунта: пат. 2286857 Рос. Федерация: МПК В09С 1/00 / А. А. Антонов, К.П. Венгер, Д. Е. Орловский, О.А. Феськов, В.Е. Ширшов; заявитель и патентообладатель ООО "Темп-11". – № 2005109970/15; заявл. 07.04. 2005; опублик. 10.11. 2006, Бюл. № 31. – 8 с.: ил.
3. Орловский Д.Е. Разработка оборудования и процесса замораживания нефтяных загрязнений грунта с использованием жидкого азота: дис...канд. техн. наук. – М.: ООО "Полисувенир", 2008.
4. Решетов А.П., Башаричев А.В., Ключ В.В. Пожарная тактика / Под общ. ред. Артамонова В.С. – СПб: Санкт-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2011.
5. Ранцевый огнетушитель: пат. 2414269 Рос. Федерация: МПК А62С 15/00 / К.П. Венгер, Н.В. Минашкин, О. А. Феськов; заявитель и патентообладатель ООО "Темп-11". – № 2010111405/12; заявл. 26.03. 2010; опублик. 20.03. 2011, Бюл. № 8. – 8 с.: ил.

## REFERENCES

1. Venger K.P. i dr. Ustroystva i parametry protsesa zamorazhivaniya tekhnogennykh zagryazneniy zhidkim i gazoobraznym azotom // Vestnik MAKh. – 2018, №3. S. 14...21. DOI: 10.17586/1606-4313-2018-17-3-14-21.

2. Ustroystvo dlya kriogenogo promorazhivaniya grunta: pat. 2286857 Ros. Federatsiya: MPK V09S 1/00 / A.A. Antonov, K.P. Venger, D. E. Orlovskiy, O.A. Fes'kov, V.E. Shirshov; zayavitel' i patentoobladatel' OOO "Temp-11". – № 2005109970/15; zayavl. 07.04. 2005; opubl. 10.11. 2006, Byul. № 31. – 8 s.: il.

3. Orlovskiy D.E. Razrabotka oborudovaniya i protsessa zamorazhivaniya neftyanykh zagryazneniy grunta s ispol'zovaniem zhidkogo azota: dis....kand. tekhn. nauk. – M.: OOO "Polisuvenir", 2008.

4. Reshetov A.P., Basharichev A.V., Klyuy V.V. Pozharnaya taktika / Pod obshch. red. Artamonova V.S. – SPb: Sankt-Peterburg. un-t GPS MChS Rossii, 2011.

5. Rantsevyy ognetchitel': pat. 2414269 Ros. Federatsiya: MPK A62S 15/00 / K.P. Venger, N.V. Minashkin, O. A. Fes'kov; zayavitel' i patentoobladatel' OOO "Temp-11". – № 2010111405/12; zayavl. 26.03. 2010; opubl. 20.03. 2011, Byul. № 8. – 8 s.: il.

Рекомендована кафедрой инженерии процессов, аппаратов, холодильной техники и технологий. Поступила 10.04.19.

---