



10. Кротов В. М. Совершенствование методики расчета первичного контура систем теплоснабжения, использующих низкопотенциальную теплоту грунта : автореф. дис. ... канд. тех. наук. Тюмень, 2011. 19 с.
11. Крылов В. А., Черноозерский В. А., Никитин А. А., Баранов И. В. Учет неравномерности температурного поля в геотермальной скважине теплового насоса // Вестник МАХ. 2015. № 1. С. 75–80.
12. Малых В. В., Удалов С. Н., Захаров А. А. Методика расчета грунтового аккумулятора // Энерго- и ресурсоэффективность малоэтажных зданий : материалы научно-практической конференции 19–20 марта 2013 г. / Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН. Новосибирск, 2013. С. 317–318.
13. Мацевитый Ю. М., Тарасова В. А., Харлампиди Д. Х. Восстановление теплового потенциала грунта за счет выбора рациональных режимов работы теплонасосной системы // Тезисы докладов и сообщений XIV Минского международного форума по тепло- и массообмену. 2012. Т. 1. С. 736–739.
14. Морклярник Б. В. Закономерности изменения тепловой энергии в грунтовой основе при работе вертикального и плоского коллектора теплового насоса // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. 2015. № 3 (92). С. 85–90.
15. Накорчевский А. И. Рациональное решение в теплоэнергетической системе «грунтовой массив – тепловой насос» // Промышленная теплотехника. 2007. Т. 29. № 4. С. 77–82.
16. Палагин А. В., Корепанов Е. В. Моделирование нестационарного теплообмена грунта с U-образным коллектором теплонасосной установки // Вестник МГСУ. 2011. № 7. С. 456–462.
17. Руденко Н. Н., Бондарев И. В. Выбор граничных условий для моделирования температурного поля грунта // Инженерный вестник Дона (электронный журнал). 2013. № 4. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2137>
18. Лыков А. В. Теория теплопроводности : учеб. пособие. М. : Высшая школа, 1967. 600 с.
19. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости : учеб. пособие. М. : Энергоатомиздат, 1984. 152 с.
20. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Постановка задачи определения температурного поля геотермального теплового насоса на объектах нефтяной промышленности // Новейшие технологии освоения месторождений углеводородного сырья и обеспечение безопасности экосистем Каспийского шельфа : материалы VI Международной научно-практической конференции / Астраханский гос. техн. ун-т. Астрахань : Изд-во АГТУ, 2015. С. 126–130.
21. Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Моделирование температурного поля эксплуатируемого грунтового массива в условиях длительной эксплуатации геотермального теплонасосного оборудования // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : науч.-техн. журнал. Астрахань, 2015. № 4 (14). С. 60–66.

© Н. Ю. Сапрыкина, П. В. Яковлев

**Ссылка для цитирования:**

Сапрыкина Н. Ю., Яковлев П. В. Формирование условий однозначности при нестационарном режиме работы для долгосрочного срока эксплуатации грунтового теплового насоса // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2016. № 3 (17). С. 40–48.

УДК 621.647.38

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ НИТИНОЛА В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

**Р. В. Муканов, Е. М. Дербасова, О. Р. Муканова**

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет*

В статье обоснована возможность использования сплава нитинола на основе титана и никеля в качестве активных элементов систем пожарной автоматики и пожаротушения. Предлагается конструкция устройства для открывания аварийных и противопожарных выходов с активным элементом из нитинола и модифицированная конструкция сплинкера для автоматизированных систем пожаротушения. Актуальность разработки данных систем в России обусловлена высокой смертностью людей на пожарах. Современные традиционные устройства систем автоматики и пожарной безопасности имеют некоторые недостатки, одним из которых является хрупкость термоколбы сплинкеров. Таким образом, использование активного элемента из нитинола в сплинкерах избавит данные устройства от этого недостатка и позволит повысить надежность и эффективность их работы, а также существенно снизит стоимость конечных устройств.

**Ключевые слова:** система пожаротушения, никель, титан, нитинол, температура активации, аварийный и запасной выходы, сплиinker, активный элемент, пружина, диафрагма.

## **PROSPECTS OF NITINOL ACTIVE ELEMENTS IN FIRE SAFETY AUTOMATED SYSTEMS**

**R. V. Mukanov, E. M. Derbasova, O. R. Mukanova**

*Astrakhan state University of architecture and construction*

The article refers to the possibility of using titanium and nickel alloy – nitinol, as fire automatics and fire extinguishing systems active elements. The authors propose a construction of the device for opening the emergency exits and fire with an active element of nitinol and modified splinker design for automated fire extinguishing systems. The relevance of the development of these systems in Russia due to the high mortality of people on fire. Modern conventional devices automation systems and fire have some drawbacks, one of which is the fragility of the thermo-flask splinkers. Thus, the use of the active element of nitinol in splinker will save device data from this defect and will improve the reliability and efficiency of their work, as well as will significantly reduce the cost of the final devices.

**Keywords:** fire extinguishing system, nickel, titanium, nitinol, activation temperature, alarm and emergency exits, splinker, active element, the spring, the diaphragm.

Сплавы с эффектом памяти формы используются в качестве активных рабочих элементов в различных областях техники, например, в двигателестроении, медицине для лечения пациентов с проблемами опорно-двигательного аппарата. Активные элементы могут иметь достаточно разнообразную форму: в виде пластин, стрижней, проволоки, пружин и т. д. [1–2]. При воздействии на эти элементы, даже при небольшом изменении температуры, можно получить значительные деформации мартенситно-аустенитного превращения [3].

Одним из сплавов, обладающим памятью формы, является нитинол.

Нитинол (англ. nitinol, от англ. nickel – никель, англ. titanium – титан, англ. Naval ordnance laboratory, сокр. NOL – Лаборатория морской артиллерии США (англ.), где был разработан материал) – сплав титана и никеля, обладающий эрозионной и высокой коррозионной стойкостью [2]. Процентное содержание титана составляет 45 %, никеля – 55 %, что соответствует формуле TiNi, то есть количество атомов одинаково. Необычным свойством данного сплава является то, что он обладает свойством памяти формы. Если деталь сложной формы подвергнуть нагреву до красного каления, то она запомнит эту форму. После остывания до комнатной температуры деталь можно деформировать, но при нагреве выше 50 °С восстановит первоначальную форму. Такое поведение связано с тем, что, фактически, этот материал является не типичным сплавом, а интерметаллидом, и при закалке взаимное расположение атомов упорядочивается, что приводит к запоминанию формы [4].

Способность материала восстанавливать ранее приданную ему форму подсказала авторам статьи идею использования нитинола в качестве активного элемента для систем автоматики и пожарной безопасности. На основе данного материала предложена разработка конструкции следующих устройств:

- замок для автоматического открытия дверей аварийных и запасных выходов административных, производственных и жилых зданий;
- элемент системы пожаротушения (сплинкер) с активным элементом из нитинола.

#### **Разработка конструкции устройства автоматического разблокирования дверей при пожаре с активным элементом из нитинола**

Пожар – это процесс неконтролируемого горения, вызывающий материальный ущерб и представляющий опасность для жизни человека [5]. От пожаров в России в год погибает более 10 тыс. человек, и на протяжении нескольких лет эта цифра практически не уменьшается. Большинство жертв погибает по причине отравлений угарным газом и продуктами горения,

а также в результате невозможности проведения эвакуации из горящего здания. Поэтому в проектируемых и эксплуатируемых административных зданиях предусмотрены аварийные эвакуационные выходы. Согласно существующим правилам, такие выходы должны быть открыты, но это создает существенную уязвимость в системе безопасности эксплуатируемого здания.

Кроме того, известно, что человек, находящийся в горящем здании, испытывает стресс, дезориентацию и не может адекватно реагировать на ситуацию, а такая простая операция, как открытие запора на аварийном выходе, может вызвать у него затруднение. Поэтому вопросы обеспечения пожарной безопасности гражданских и промышленных объектов приобретают особую актуальность, а грамотная организация аварийных выходов способна уменьшить количество смертей на пожарах.

Для организации автоматического разблокирования аварийных выходов предлагается устройство экстренного открывания дверей, где в качестве активного элемента используется материал нитинол.

Конструкция будет работать следующим образом (см. рис. 1). В устройстве, которое устанавливается на дверях аварийного выхода, находится пружина 3, выполненная из нитинола и фиксирующая запор в закрытом положении. Пружина жестко прикреплена к задней части корпуса 2, а передняя часть пружины закреплена на запорном валу 4. Запорный вал в закрытом положении фиксируется в корпусе запора 1, установленного на двери аварийного выхода. При возникновении пожара в помещении за счет лучистого теплообмена дверь с запором начинает нагреваться, пружина, фиксирующая запор, изменяет форму (сжимается) и дверь аварийного выхода разблокируется (рис. 2), что позволит обеспечить беспрепятственную эвакуацию людей из горящего здания.

Также существует возможность открыть запор вручную: для этого необходимо оттянуть запорный вал 4 за ручку (на рисунке не показано).

Для предварительного придания формы пружину из нитинола 3 нагревают до температуры не менее 150 °С и в сжатом состоянии дают остыть. Далее пружину разжимают до необходимого размера и устанавливают в устройство аварийного открывания двери. При возникновении пожара пружина под воздействием температуры примет запрограммированную форму (сжатая пружина), при этом переведет запорный вал 4 в положение «открыто», разблокировав при этом дверь.

В настоящее время стоимость нитинола на мировом рынке в пределах 70–100 долларов

США за килограмм. Из одного килограмма можно изготовить не менее 100 пружин, а это означает, что стоимость устройства не превысит 200 руб. (остальные детали изготовлены из обычной стали), что для данного типа устройств является минимальной ценой. Ис-

пользуемые в настоящее время замки для аварийного открытия дверей, например, фирмы ABLOY [6] в комплекте с ручками и фурнитурой обойдутся в сумму более 1000 руб. за единицу, что в пять раз больше стоимости предлагаемого устройства.

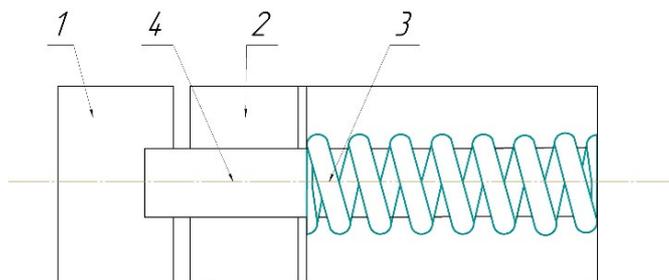


Рис. 1. Автоматическое устройство экстренного открывания дверей эвакуационных и аварийных выходов в рабочем состоянии

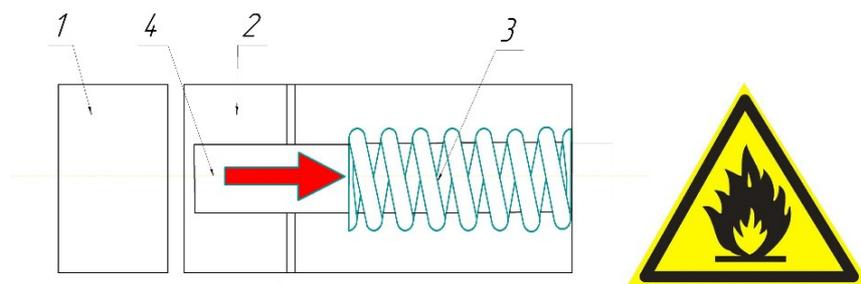


Рис. 2. Разблокирование двери при воздействии на запор высокой температурой

### Разработка конструкции сплинкера с активным элементом из нитинола

Сплинкеры – это одна из основных частей системы пожаротушения в современных административных и производственных зданиях. Основное назначение сплинкера – подача распыленной воды в зону горения. Рабочий элемент сплинкера (термоколбы с диафрагмой) находится под давлением воды, при возникновении пожара происходит разрушение термокапсулы, и вода попадает на распылительный

элемент сплинкера. В стеклянной термоколбе находится вещество с высоким температурным расширением, что при нагреве и приводит к ее разрушению. Устройство сплинкера показано на рис. 3 [7].

Различные модификации сплинкеров срабатывают при различных воздействиях в зависимости от типа помещения и температуры внутри него. Температуру срабатывания можно определить по цвету жидкости термоколбы (таблица 1).

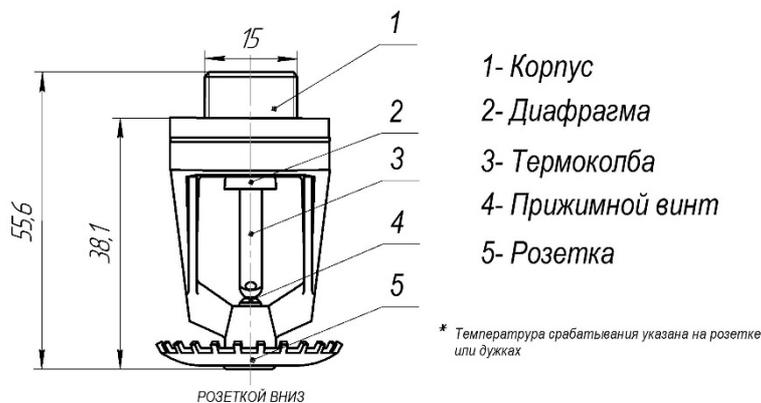


Рис. 3. Устройство сплинкера

Таблица 1  
Зависимость цвета жидкости термоколбы от температуры активации

Температура активации	Цвет жидкости в термоколбе
57 °С	Оранжевая
68 °С	Красная
79 °С	Желтая
93 °С	Зеленая
141 °С	Голубая
182 °С	Фиолетовая

Основным недостатком сплинкеров является инерционность срабатывания и хрупкость термоколбы. В связи с этим в качестве рабочего элемента, разблокирующего диафрагму, предлагается использование цилиндрической вставки из сплава нитинола.

Усовершенствованная конструкция сплинкера представлена на рис. 4. Корпус и другие

элементы детали не имеют отличий от стандартного сплинкера и могут быть использованы при производстве предложенной модификации. Авторами предлагается вместо хрупкой термоколбы в качестве рабочего элемента использовать цилиндр из нитинола. Температура активации нитинола может быть различной и зависит от концентрации составных частей добавок. Минимальная температура составляет 45 °С.

Работать устройство будет следующим образом: в обычном состоянии активный элемент 3 представляет форму правильного цилиндра. При повышении температуры в помещении выше температуры активации нитинола происходит деформация цилиндра, при которой высвобождается диафрагма 2 и вода из пожарной линии поступает на распылительную розетку 5.

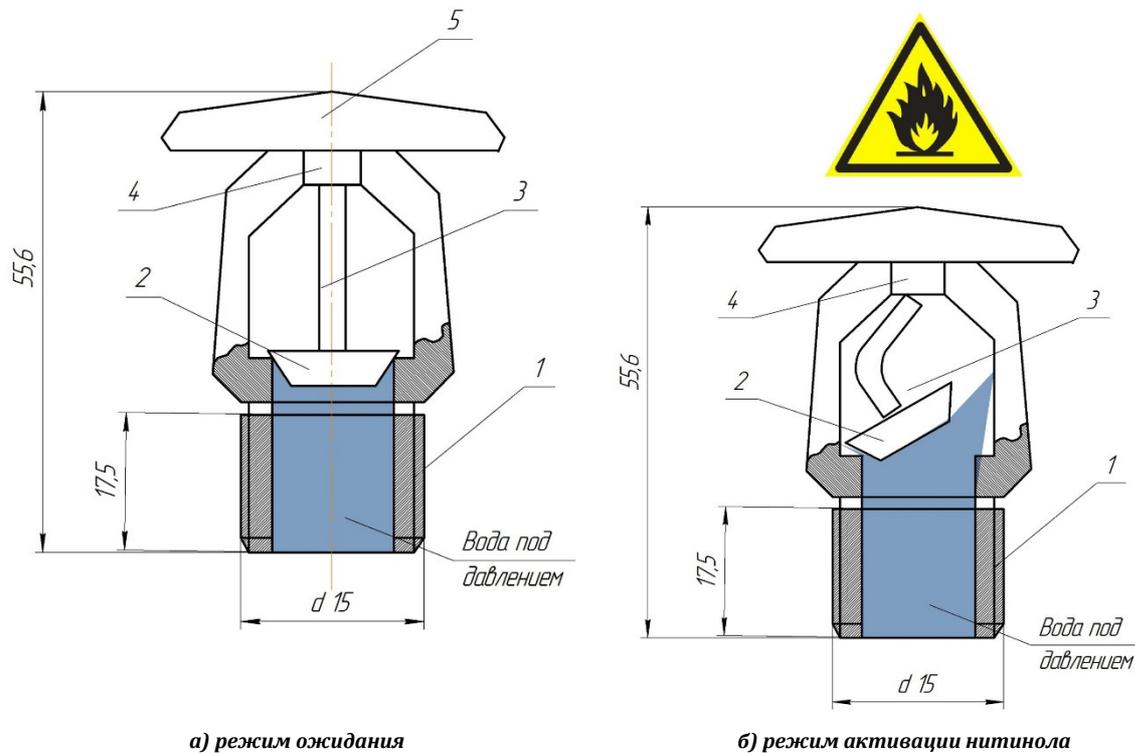


Рис. 4. Общий вид сплинкера с активным элементом из нитинола:

1 – стандартное резьбовое соединение; 2 – диафрагма; 3 – активный цилиндрический элемент из нитинола; 4 – прижимной винт; 5 – распылительная розетка

Основные достоинствами сплинкера с активным элементом из нитинола являются:

- автоматизированный режим работы;
- автономность использования (не зависит от наличия электрической энергии);
- отсутствие схемы обратной связи;
- постоянная готовность;
- неограниченная эксплуатация;
- возможность приведения активного элемента обратно в рабочее положение.

Из одного килограмма нитинола можно изготовить не менее 100 активных элементов, а это значит, что стоимость устройства, по оценке авторов, не превысит 200 руб., что дешевле существующих аналогов в 2–5 раз.

На основании представленных выше рассуждений можно сделать вывод, что использование в пожарной автоматике активных элементов из нитинола способно повысить безопасность эксплуатируемых объектов и снизить их стоимость.

**Список литературы**

1. The design of shape memory alloy actuator and their applications // Shape Memory Materials / eds. K. Otsuka, C. M. Wayman. Cambridge, 1998. P. 240–266.
2. Беляев С. П., Демина М. Ю. Термомеханические характеристики пружинного привода с рабочим элементом из сплава TiNi с памятью формы // Сплавы с эффектом памяти формы и другие перспективные материалы : труды 38 Международного семинара «Актуальные проблемы прочности». СПб., 2001. Ч. 2. С. 456–459.
3. Манджаванидзе А. Г., Карпов В. А., Джорджишвили Л. И., Соболевская С. В. Появление двусторонней памяти формы в нитиноловой пружине при циклировании температуры и деформации // Журнал технической физики. 2008. Т. 78. Вып. 3. С. 95–98.
4. Нитинол. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%BE%D0%BB> (дата обращения: 10.08.2016).
5. Зельдович Я. Б., Баренблатт Г. И., Либрович В. Б., Махвиладзе Г. М. Математическая теория горения и взрыва. М. : Наука, 1980. 479 с.
6. Устройства экстренного открывания дверей эвакуационных и аварийных выходов. URL: <http://www.abloy-exit.ru/> (дата обращения: 10.08.2016).
7. Ороситель ТУ3651. URL: [http://fire-sys.ru/tyco/catalog-tyco/catalog\\_tyco\\_sprinklers/standart\\_sprinklers\\_ty-b/sprinkler\\_ty3651.html](http://fire-sys.ru/tyco/catalog-tyco/catalog_tyco_sprinklers/standart_sprinklers_ty-b/sprinkler_ty3651.html) (дата обращения: 10.08.2016).

© **Р. В. Муканов, Е. М. Дербасова, О. Р. Муканова**

**Ссылка для цитирования:**

Муканов Р. В., Дербасова Е. М., Муканова О. Р. Перспективы использования активных элементов из нитинола в автоматизированных системах пожарной безопасности // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2016. № 3 (17). С. 48–52.

УДК 628.144.2

**ЭФФЕКТИВНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ОЧИСТКИ  
ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА ПЕРЕД СБРОСОМ В ВОДОЕМЫ**

**О. А. Продоус, В. Н. Пономарев, А. А. Дронов, Ж. Н. Петухова**

ООО «Компания ИНКО» (г. Санкт-Петербург)

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН (г. Москва)

ЗАО «Агентство энергоэффективности и ресурсосбережения» (г. Москва)

ФКУ Упрдор «Кола» (г. Петрозаводск)

Показано два пути очистки поверхностного стока: централизованно, на очистных сооружениях, и локально – на модульных торфяных кассетных фильтрах. Приведены данные по реализации технических решений в разных городах страны.

**Ключевые слова:** *поверхностный сток, очистка, торфяная фильтрация.*

**EFFECTIVE DECISION WAYS OF THE SURFACE DISCHARGE PROBLEMS  
BEFORE THEIR SPEW INTO THE RESERVOIRS**

**O. A. Prodous, V. N. Ponomarev, A. A. Dronov, Zh. N. Petukhova**

LLC «INKO company» (St.-Petersburg)

The Institute of atom energy safe development problems of RAS (Moscow)

CJSC «Energy effectiveness and resource saving agency» (Moscow)

ASI Uprдор «Kola» (Petrozavodsk)

The paper refers to two ways of purification of the surface discharge: centralized at the sewage disposal plant, and local – at the modul peat coal cassette filters. The authors give some examples in technical decisions realization in different cities of the country.

**Key words:** *discharge problems, purification, peat coal filtration.*

Наиболее неблагоприятное влияние на санитарное состояние водоемов оказывают содержащиеся в поверхностном стоке взвешенные вещества, нефтепродукты и тяжелые металлы. Кроме того, смываемые с газонов и грунтовых поверхностей продукты эрозии почвы, пыль, бытовой мусор и частицы дорожного покрытия являются основными загрязняющими компонентами поверхностного стока.

Поверхностный сток – естественная часть гидрологического цикла, который представляет собой распределение и движение воды между

атмосферой, землей и водными объектами. Поэтому его эффективная очистка перед сбросом в водоем – задача государственно-экологическая, решение которой позволит не нарушать естественный природный баланс водоемов и окружающей среды в целом.

Пути решения проблем очистки поверхностного стока два. Первый – централизованный сбор дождевых, талых и поливомоечных вод и его транспортирование на городские очистные сооружения для очистки. Второй путь – локальная очистка поверхностного