



ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2015

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ,
АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
«ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2015»,
ПОСВЯЩЕННОЙ 70-ЛЕТИЮ ВЕЛИКОЙ ПОБЕДЫ

КРАСНОЯРСК, СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

15-25 АПРЕЛЯ 2015 Г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Сборник материалов
Международной конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых
«Перспектив Свободный-2015»,
посвященной 70-летию Великой Победы

Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2015 г.

Красноярск, 2015.

«Пожарная безопасность»



ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2015

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2015 г.



УДК 614.843

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СПОСОБОВ ЛОКАЛИЗАЦИИ ФАКЕЛА

Азарникова В.А., Загарских С.А., Лезина С.А., Ястребова О.И.,

научные руководители: канд. техн. наук Минкин А.Н.,

канд. техн. наук Бражников А.В.

ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет

Борьба с пожарами на нефтяных и газовых месторождениях требует привлечения огромных материально-технических ресурсов и может продолжаться длительное время. Пожары на открыто фонтанирующих газонефтяных скважинах являются одними из наиболее сложных видов промышленных аварий.

Одной из главных задач при тушении газонефтяных пожаров является локализация пламени, которая позволит регулировать такие параметры пожара, как высота, диаметр пламени и границы безопасных расстояний для людей и механизмов. В данном обзоре рассмотрен ряд существующих способов локализации пламени.

На сегодняшний день наибольшее распространение получил способ тушения фонтанов с помощью АГВТ. АГВТ представляет собой пожарный автомобиль, на шасси которого размещен турбореактивный двигатель. Установка имеет топливную систему питания реактивного двигателя, гидравлическую систему для управления двигателем, систему подачи воды в выхлопную струю двигателя, а также систему орошения. Управление автомобилем осуществляется с платформы или дистанционно с помощью выносного пульта. Тушение газовой струей факела осуществляется следующим образом: струя подводится под основание пламени, фиксируется относительно факела и плавно перемещается по оси факела вверх до срыва пламени, при прорыве пламени атака повторяется. Также используют комбинированное тушение совместно с лафетными стволами. Сначала подают лафетные стволы, которые поднимают фронт пламени до максимальных значений, затем включают в работу АГВТ.

Это способствует локализации фронта пламени, снижает высоту факела и ослабляет интенсивность теплового излучения.

Количество АГВТ для тушения определяется по формуле:

$$N_{\text{АГВТ}} = \frac{Q}{g},$$

где Q – дебит фонтана, млн. м³/сут; g – предельный дебит, который может потушить один автомобиль, млн. м³/сут.

Основными недостатками применения АГВТ является:

- при высоком дебете необходимо наличие нескольких единиц АГВТ;
- особенности пространственного расположения;
- высокий расход воды;
- использование дорогостоящего авиационного топлива;
- ограниченность работы по времени;
- необходимость использования дополнительной техники ПНС;
- по мере удаления от сопла содержание кислорода увеличивается и на расстоянии 12-15 метров составляет 17-18%;
- низкая дальность струи [1].

Вышеизложенный способ является прототипом изобретения, в основу которого положена задача повышения эффективности тушения пожара, посредством увеличения



дальнобойности струи инертного газа с хладагентом, что достигается разгоном истечения до сверхзвуковой скорости. Формирование сверхзвуковой струи газа, подаваемого в зону пожара, обеспечивается наличием камеры сгорания, соединенного с ней сопла Лавалья (рис. 1). Кроме того, камера сгорания выполнена с разделительной диафрагмой в виде дозвуковой части сопла Лавалья, отделяющей зону сгорания топлива ракетного двигателя от форсунок хладагента. Данное усовершенствование является необходимым, так как эффективность тушения пожара устройством-прототипом весьма низка, ввиду наличия явления "вовлечения турбулентным диффузионным факелом в зону горения гораздо больших объемов (на 400% больше), чем требуется для простого сгорания горючей жидкости или газа". Также, известное устройство, способствует дополнительному выжиганию кислорода в зоне пожара, способствует повышению температуры в зоне пожара, что, с учетом изложенного выше, обуславливает существенное снижение эффективности пожаротушения [2].

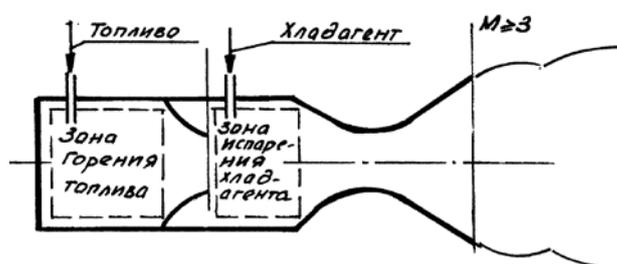


Рис. 1. Формирование сверхзвуковой струи газа с помощью сопла Лавалья

Так как данное изобретение не было реализовано на практике, его недостатки не выявлены.

Еще одним методом локализации пламени является использование факельного зонта, нацеленное на формирование направленного движения горящих масс.

Вокруг горячей скважины размещаются водометы (брандспойты) и по их готовности к направленному дождеванию, начинают работы по выдвиганию факельной трубы (зонта). На нижнем конце трубы устанавливают конусообразный зонт для сбора и направления пламени в трубу. На механической стреле специальной гусеничной тележки крепят вертикально факельную трубу таким образом, чтобы основной язык пламени вошел в конусообразный зонт. С этого момента начинается процесс дождевания факельной трубы, предохраняя ее и стрелу от накаливания. После того, как факельную трубу установят, и в нее устремится пламя, производят крепление трубы на трех якорях с помощью оттяжек и их регулирование. Якоря стремятся размещать вокруг скважины так, чтобы угол между осью скважины (факельной трубы) и двумя якорями в горизонтальной плоскости равнялся 120° . Такое приспособление дает возможность уменьшить область теплового воздействия вблизи устья скважины, тем самым, обеспечивая возможность работы персонала по герметизации устья с помощью герметизирующих шарниров.

Увеличение силы тяги вытяжной трубы позволит изменить форму пламени на более вытянутую в вертикальном направлении (увеличится радиус R), что обеспечит поднятие центра пламени, а значит и поднятие наиболее его горячих участков на столько, что станет возможным проведение ремонтно-монтажных работ.

Таким образом, поскольку размеры факельной трубы и уровень ее подвески определяют силу тяги вытяжного зонта, которая, в свою очередь, влияет на интенсивность излучения приземного участка пламени, то можно сделать следующий

вывод: регулируя эти параметры можно изменять величину мощности лучистого теплового потока в зоне ведения аварийно-спасательных работ. Это обеспечит уменьшение размеров опасных зон для человека и механизмов, уменьшит время локализации пламени на горящей скважине [3].

К основным минусам данного метода можно отнести:

- громоздкость конструкции;
- большой расход воды, при дождевании.

Следующий способ тушения горящих нефтяных скважин основан на использовании следующих эффектов: получения взрывной волны, позволяющей сбить пламя с фонтана нефти, и создания вокруг скважины или группы скважин на высоте, превышающей высоту сохранившейся арматуры, пространства с весьма низкой температурой.

К устью скважины подкатывают сферические оболочки, в которых содержатся взрывчатка или охладитель, например жидкий азот. Для подкатывания оболочек с взрывчаткой или охладителем к устью скважин с наружной стороны используется механизм в виде стержня с вилкой, имеющей дугообразные зубчатые элементы с выступами, входящие в пазы, предусмотренные в оболочках (рис. 2). После размещения оболочек равномерно вокруг скважины (рис. 3) отсоединяют вилку от стержня за счет взрывного патрона, расположенного в месте их соединения. Затем взрывают вещество, находящееся в оболочке. Полученная при этом волна сбивает пламя с фонтана [4].

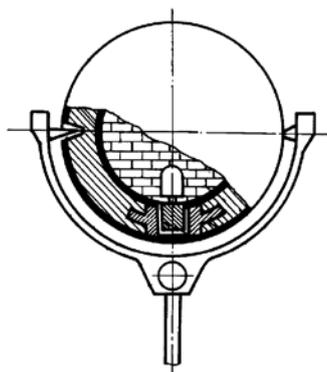


Рис.2. Шаровой контейнер с приспособлением для его подкатывания

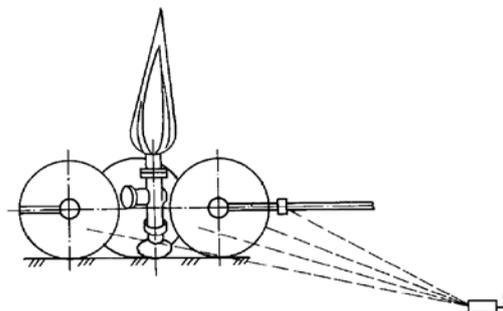


Рис.3. Шаровой контейнер при установке его у скважины

В связи с большими материальными затратами на транспортировку и изготовление самих бомб и подводящих конструкций, а также с затруднительным равномерным распределением их в зоне горения, данный способ не нашел применения на практике.

Последним способом, рассмотренным в данной статье, является способ вертикального тушения и локализации пламени.

Суть способа заключается в использовании шатрового покрытия, которое создают газодинамическим потоком, направляемым на очаг пожара сверху вниз, при этом газодинамический поток нейтрален к огню или содержит пожаротушающие вещества и имеет форму конуса, который перекрывает площадь пожара (рис. 4). Причем газодинамическим потоком накрывают центральную часть площади пожара, а затем производят расширение площади тушения пожара путем непрерывного кольцеобразного относительно центра пожара увеличения площади газодинамического потока. Кроме того, газодинамический поток имеет фиксированное положение с

перекрытием одной или нескольких сторон площади пожара. В дополнение ко всему газодинамический поток последовательно и непрерывно проходит всю площадь пожара с фиксацией перекрытия одной или нескольких сторон площади пожара. В качестве источника газодинамического потока может быть использован газогенератор различного типа и способа получения газодинамического потока (струи). Тип и мощность газогенератора зависят от транспортного средства и характеристик очага пожара. Например, в качестве газогенератора могут быть использованы газотурбинные авиационные двигатели, ракетные двигатели, а в качестве носителей газогенераторов могут быть использованы вертолеты, турболеты, воздушные платформы или механические подвесные, тросовые и другие системы [5].

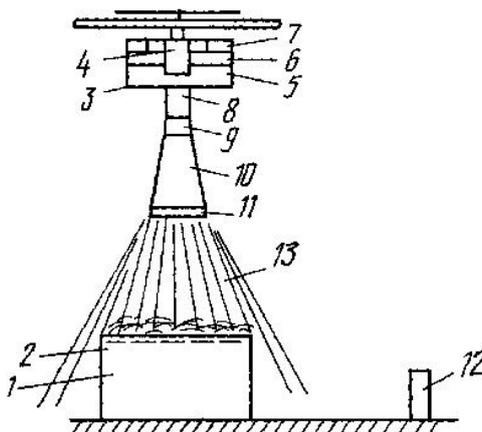


Рис.4. Возможный способ реализации данного метода

К основным недостаткам данного способа относятся:

- ограниченный объем резервуара с пожаротушащими веществами, вследствие чего необходимо их восполнение, на которое уходит большое количество времени, что неуместно при крупном возгорании;
- для локализации и тушения особо крупных пожаров требуется больше одной единицы техники.

Подводя итог, можем сказать, что на сегодняшний день эффективного способа локализации пламени ни в нашей стране, ни за рубежом не разработано.

Список литературы

1. Повзик Я.С. Пожарная тактика: Учебное пособие [Текст]. – М.: ЗАО Спецтехника // Глава 10. – С. 224-234.
2. Свириденко И.Ф., Нода А.А. и др. Способ тушения пожара газового и нефтяного фонтана и устройство его осуществления. Патент РФ № 2130113 С1, опубликовано 10.05.1999 г.
3. Булчаев Н.Д., Безверхая Е.В. Способ герметизации устья горячей нефтяной скважины [Текст] // Газовая промышленность. –2011. – №4/658. – С. 85-87.
4. Шварц М.Э., Шварц А.М. Способ тушения пожаров на горящих нефтегазовых скважинах и устройство для его осуществления. Патент РФ № 2011798 С1, опубликовано 30.04.1994 г.
5. Петраков В.М. Способ вертикального тушения, локализации пожара. Патент РФ № 2130793 С1, опубликовано 27.05.1999 г.



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АНКЕРНОЙ БУРОВОЙ УСТАНОВКИ С ПОВЫШЕННОЙ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОСТЬЮ

**Барнашова Д.С., Дмитриева Н.И., Кувандыкова В.А.,
научные руководители: д-р техн. наук Довженко Н.Н.,
канд. техн. наук Минкин А.Н., канд. техн. наук Бражников А.В.
ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет**

Одними из основных требований, предъявляемых к буровым установкам, применяющимся в настоящее время в нефтегазовой отрасли, являются:

- минимальные массогабаритные показатели системы верхнего привода (и буровой установки в целом);
- максимальная взрывозащищенность буровой установки (особенно при бурении газовых скважин).

Несколько месяцев назад коллективом авторов данной статьи был опубликован ряд работ [1-3], в которых был предложен вариант построения буровой установки, удовлетворяющей перечисленным выше требованиям. В основу предложенного варианта буровой установки были положены два основных технических решения:

1) оснащение буровой мачты буровой установки двумя многофазными асинхронными инверторными электроприводами с комбинированным частотно-фазнополюсным управлением – линейным приводом подачи и приводом вращения бурового става;

2) оснащение платформы буровой установки двумя закрепленными на ней анкерными устройствами фрикционного типа, расположенными в одной вертикальной плоскости с буровой мачтой по разные стороны от мачты.

При этом первое из перечисленных технических решений позволит не только улучшить ряд технико-экономических характеристик буровой установки, но и повысить ее взрывозащищенность вследствие того, что асинхронные электроприводы (и в частности, многофазные) обладают более высокой взрывозащищенностью, чем применяющиеся сейчас в данной области электроприводы постоянного тока.

Кроме того, в совокупности оба предложенные технические решения позволят уменьшить массу и системы верхнего привода (поскольку применение фазно-полюсного управления позволяет использовать в приводах буровых установок электродвигатели переменного тока, имеющие меньшие массо-габаритные показатели, чем при традиционном управлении), и буровой установки в целом.

Таким образом, авторами данной работы некоторое время назад были найдены решения, позволяющие удовлетворить оба из перечисленных в начале этой статьи требований, предъявляемых к современным буровым установкам.

Однако на этом изыскания в данной области не были прекращены, и в течение прошедших несколько месяцев авторами данной статьи были найдены новые технические решения, применение которых позволит добиться еще более положительных результатов как в плане повышения взрывозащищенности буровых установок, так и в плане упрощения их эксплуатации. Это стало возможным в результате разработки принципов построения синхронных электроприводов с фазно-полюсным управлением (на базе синхронных двигателей с постоянными магнитами на роторе, а также синхронных реактивных) и альтернативных конструкций анкерных устройств буровой установки [4].

К числу предлагаемых в данной работе технических решений относятся следующие:



– оснащение буровой мачты не асинхронными, а синхронными фазно-полюсно-управляемыми электроприводами подачи и вращения бурового става, что позволит уменьшить нагрев системы верхнего привода за счет снижения тепловых потерь в роторе электродвигателя;

– применение анкерных устройств не фрикционного, а вакуумного типа, что позволит упростить процесс и сократить время установки и демонтажа буровой установки.

Анкерная опора вакуумного типа дополнительно содержит обладающий механической прочностью и жесткостью воздуховодный трубопровод, выполненный с возможностью закрепления на платформе буровой установки и присоединения к насосу. Нижней частью воздуховодный трубопровод герметично соединен с анкерным устройством вакуумного типа, выполненным в виде цилиндрического насадка с возможностью герметичной установки в выполненное в породе углубление и с возможностью создания вакуума в углубленном пространстве под опорой. При этом цилиндрический насадок снабжен внешним опорным выступом цилиндрической формы над заглубленной частью насадка и уплотнительной втулкой из эластичного материала, расположенной под внешним опорным выступом и выполненной с возможностью плотного прилегания к стенке верхней части углубления и к горизонтальному участку породы на окружающей углубление поверхности.

Оснащение платформы буровой установки анкерной опорой в виде устройства вакуумного типа обеспечивает создание вакуума (разряжения) в углубленном пространстве под втулкой при работе насоса, к которому присоединен упомянутый воздуховодный трубопровод, что позволяет создавать противодействующее усилие, препятствующее отрыву платформы буровой установки от породы при подаче бурового снаряда в забой, а тем самым, повысить максимально возможное усилие подачи бурового става на величину, равную силе притяжения анкерного устройства к породе. При отсутствии же анкерного устройства вакуумного типа максимально возможное усилие подачи бурового става ограничивается массой буровой установки.

Список литературы

1. Барнашова Д.С., Дмитриева Н.И., Кувандыкова В.А. Повышение взрывозащищенности и мобильности буровых установок // Сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Молодежь и наука», Красноярск: Сиб. федер. ун-т., апрель 2014 г., CD-ROM.

2. Барнашова Д.С., Дмитриева Н.И., Кувандыкова В.А. Способ повышения взрывозащищенности и мобильности буровых установок // Сборник научных трудов I Всероссийской молодежной научно-технической конференции нефтегазовой отрасли «Молодая нефть», Красноярск: Сиб. федер. ун-т., май 2014 г., CD-ROM.

3. Бражников А.В., Довженко Н.Н., Минкин А.Н., Барнашова Д.С., Дмитриева Н.И., Кувандыкова В.А. Разработка буровой установки с анкерами фрикционного типа // Сборник материалов Международной научной конференции «Роль вищих навчальних закладів у розвитку геології» посвященную 70-летию геологического факультета Киевского национального университета им. Тараса Шевченко, г. Киев, Украина: Изд-во КНУ, 31 марта - 3 апреля 2014 г., часть II, с. 13-15.

4. Бражников А.В., Довженко Н.Н., Минкин А.Н., Барнашова Д.С., Дмитриева Н.И., Кувандыкова В.А. Анкерная опора для буровой установки. Патент РФ № RU 147741 U1, опубликовано 20.11.2014 г.



РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СПАСЕНИЯ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ

Бовин К.А.

научный руководитель канд. техн. наук. Шахрай С.Г.

Сибирский федеральный университет

Добыча полезных ископаемых подземным способом с каждым годом осуществляется с всё больших глубин, вследствие истощения вышележающих запасов. Средняя глубина современных шахт составляет 400 – 600 м, а в некоторых случаях достигает 1000 метров и более. При этом протяженность выработок может достигать десятков километров. Глубины и протяженности современных шахт выдвигают определенные требования к их проветриванию, к обеспечению подземных работников и работников горноспасательных частей средствами защиты, в т.ч. средствами спасения людей, застигнутых врасплох подземными авариями.

Проблемы проветривания глубоких шахт решаются внедрением и эксплуатацией вентиляторов производительностью в несколько миллионов м³/час нагнетаемого в шахту воздуха или удаляемого из нее. Однако проветривание не всегда обеспечивает состояние шахтной атмосферы на уровне, исключающем возникновение взрывов и пожаров. Анализ наиболее крупных аварий на шахтах СССР и России показывает, что на долю взрывов и пожаров приходится более 80% всех катастроф со значительным числом человеческих жертв. Такие аварии делают непригодной для дыхания шахтную атмосферу, а также сопровождаются повышением температуры в горных выработках до уровня, несовместимого с жизнью.

В качестве средств спасения подземные работники обеспечиваются шахтными самоспасателями, обеспечивающими защиту в непригодной для дыхания атмосфере в течение 0,5 – 5 часов. Работники горноспасательных частей используют респираторы, обеспечивающие защиту органов дыхания при работе в атмосфере, содержащей до 10 % CO, до 2 % - SO₂, до 1 % H₂S или NO₂ и до 100 % CO₂, CH₄ или N₂ и температуре от -20 до + 70 °С в течение не менее 4 часов при выполнении работ средней тяжести. При выполнении работ в условиях воздействия высоких температур горноспасатели используют газотеплозащитный костюм ГТК с водяным охлаждением (рис. 1), обеспечивающий защиту в течение 90 мин. при температуре 60 °С; 60 мин. – при 60 – 100 °С и в течение 45 мин. при температуре 100 – 140 °С .

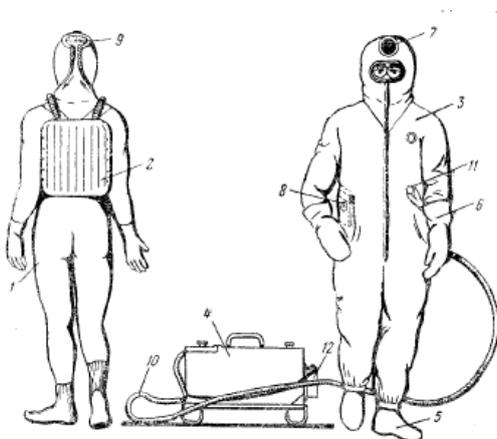


Рис. 1. Газотеплозащитный костюм ГТК

Однако, вынос пострадавших на открытых носилках из пожарных зон создает определенные угрозы их жизни и здоровью вследствие незащищенности от воздействия высоких температур, а также вдыхания продуктов горения. В этом случае гибель человека может наступить не только от отравления угарным газом, но и в результате перегрева организма.

Обеспечить защиту транспортируемого пострадавшего предлагается за счет использования носилок, оборудованных теплоизолирующим герметичным куполом и дыхательным аппаратом, жестко закрепленным на нижней стороне платформы (рис 2 а;б) [1].

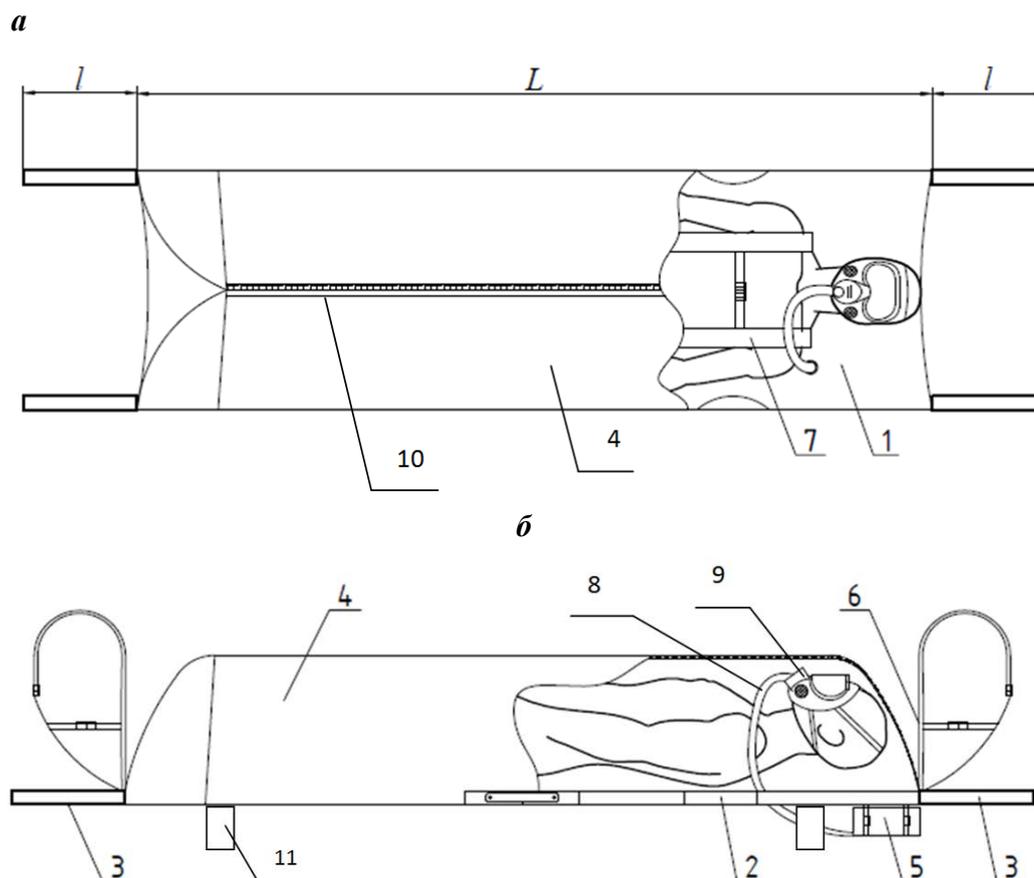


Рис.2. Средство спасения людей из зон повышенных температур: а) вид сверху, б) – вид сбоку: 1 – платформа, 2 – брусья, обеспечивающие жесткость платформы при транспортировке носилок, 3 – ручки, 4 – теплоизолирующий герметичный купол, 5 – дыхательный аппарат, 6 – лямки, 7 – ремни фиксации пострадавшего, 8- шланг, соединяющий дыхательный аппарат с дыхательной маской, 9 – маска дыхательная, 10 – застежка-молния, 11 – складные опоры (ножки).

При транспортировке пострадавшего его укладывают на платформу 1 и укрывают теплоизолирующим куполом 4, герметизацию которого обеспечивают застежкой-молнией 10. Возможность дыхания пострадавшего обеспечивается через дыхательную маску 9 и шланг 8, подключенные к дыхательному аппарату 5. Фиксацию пострадавшего на платформе при передвижении по стесненным горным выработкам осуществляют с помощью ремней 7. Наличие лямок 6 дает возможность освобождения рук несущих от нагрузки и перенос последней на плечи.

Дыхательный аппарат от деформации, в случае установки носилок на почву выработки, предохраняют складные опоры (ножки) 11. Застежка-молния обеспечивает возможность оперативного размещения на платформе носилок и включения в дыхательный аппарат пострадавшего. Размещение дыхательной системы с нижней стороны платформы исключает участие третьего человека, обеспечивающего переноску дыхательной аппаратуры.

В предлагаемых носилках возможно использование теплостойких тканей Номекс, Advance, Винискожа-Т, Alpha Maritex 3025/9682, допустимая температура эксплуатации которых находится в диапазоне от 100 до 300⁰С [2]

Преимущества предлагаемых носилок заключаются в решении проблемы защиты пострадавшего от воздействия высоких температур и воздействия среды, непригодной для дыхания, возможности жесткой фиксации пострадавшего и исключении риска его падения с платформы носилок, обеспечении удобства передвижения за счет периодического переноса нагрузки с рук на плечи спасателей.



ВОНРЕТ'ОВЫЕ ИННОВАЦИИ В СФЕРЕ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РФ

Дупляков Г.С, Горбунов А.С, Елфимова М.В

*Сибирская пожарно-спасательная академия - филиал Санкт-Петербургского
университета ГПС МЧС России*

На территории Российской Федерации в период с января по сентябрь 2014 года произошло около 109009 пожаров, материальный ущерб составил около 11,6 млрд. рублей. Во время пожаров погибло 6831 человек, травмировано 8001 человек. Из 109009 пожаров только лишь 34% были ликвидированы на ранней стадии, оставшаяся часть пожаров была ликвидирована на поздних стадиях, что приводит к:

- массовой гибели и получению большого количества травм не только среди гражданского населения, но и сотрудников МЧС России;
- привлечению большого количества сил и средств ГПС МЧС России;
- огромному экономическому ущербу;
- ухудшению экологической обстановки [5].

Развившиеся пожары происходят, вследствие различных причин, одной из которых является недостаточная эффективность тушения пожаров, которая напрямую связана с тем, какое огнетушащее вещество применяется при ликвидации горения. Примерами таких пожаров являются:

-29 сентября 2012 года на территории завода по переработке нефтяного шлама ООО "Инвест-Ойл" около Ханты-Мансийска загорелись два металлических ангара. Площадь возгорания составила четыре тысячи квадратных метров. В результате пожара погибли 11 человек, шесть человек пострадали.

- 14 октября 2012 года в Екатеринбурге произошел крупный пожар в мебельном цехе. Из-за большой горючей загрузки, наличия легковоспламеняющихся и горючих жидкостей пожар быстро распространился по всей площади здания. Общая площадь горения составила 1,5 тысячи квадратных метров, жертв нет.

- 22 августа 2009 года произошел пожар на ЛПДС Конда ОАО «Сибнефтепровод», г. Югра Ханты-Мансийский автономный округ, в результате которого 3 человека погибли и сгорело около 60 тысяч тонн нефти, нанесен колоссальный материальный ущерб.

В подразделениях ГПС МЧС России для тушения пожаров преимущественно используются вода и пена, которые стоят на вооружении пожарной охраны очень длительное время и успели достигнуть предела своей огнетушащей эффективности. То есть на сегодняшний момент, чтобы увеличить эффективность борьбы с пожарами и дать возможность дальнейшего повышения эффективности пожаротушения, необходимы принципиально новые вещества с комбинированным действием на очаг горения, превосходящие традиционные огнетушащие вещества.

Одним из путей решения проблемы является поиск принципиально нового огнетушащего вещества превосходящего традиционные, а также разработка способов подачи этого огнетушащего вещества через существующие или вновь разработанные приборы подачи огнетушащих веществ в очаг пожара.

Российский рынок пожарно-технической продукции предлагает нам огнетушащий состав с комбинированным способом воздействия на очаг пожара «ВОНРЕТ» производства Японии и Словении. Производители утверждают, что «ВОНРЕТ» превосходит в разы традиционные огнетушащие вещества, а 6% раствор «ВОНРЕТ» с водой увеличивает ее огнетушащую способность в 20 раз [6].



Но для рассмотрения состава «BONPET» в качестве огнетушащего вещества, применяемого для ликвидации горения подразделениями пожарной охраны РФ, необходимо исследование его огнетушащей эффективности в сравнении с традиционными огнетушащими веществами, применяемыми подразделениями пожарной охраны ГПС МЧС России. Также необходимо провести анализ возможности его практического применения в ГПС МЧС России при выполнении действий, связанных с тушением пожаров.

Сравнить эффективность различных огнетушащих веществ возможно при тушении моделируемых очагов пожара с ЛВЖ(бензин), ГЖ(дизельное топливо) и древесиной с помощью показателя эффективности тушения $\Pi_{э.т.}$. Он зависит от удельного расхода и времени тушения, то есть огнетушащее вещество является наиболее эффективным, когда прекращение горение наступает за меньший промежуток времени при наименьшем объеме вещества, потраченного на единицу площади горения.

Значения интенсивности подачи $J_{п.}$, удельного расхода $q_{уд}$ и параметра эффективности тушения $\Pi_{э.т.}$ находятся по формулам:

$$J_{п.} = \frac{V}{S \times \tau} \quad (1)$$

$$q_{уд} = J_{п.} \times \tau \quad (2)$$

$$\Pi_{э.т.} = \frac{1}{J \times \tau^2} \quad (3)$$

где: S-площадь поверхности горения, -время от момента подачи огнетушащего вещества на поверхность горения, до момента прекращения горения, V - объем вещества.

Средние данные ликвидации горения моделируемых очагов с ЛВЖ, ГЖ, древесиной в зависимости от способа подачи в очаг горения представлены на рисунках 1,2,3:

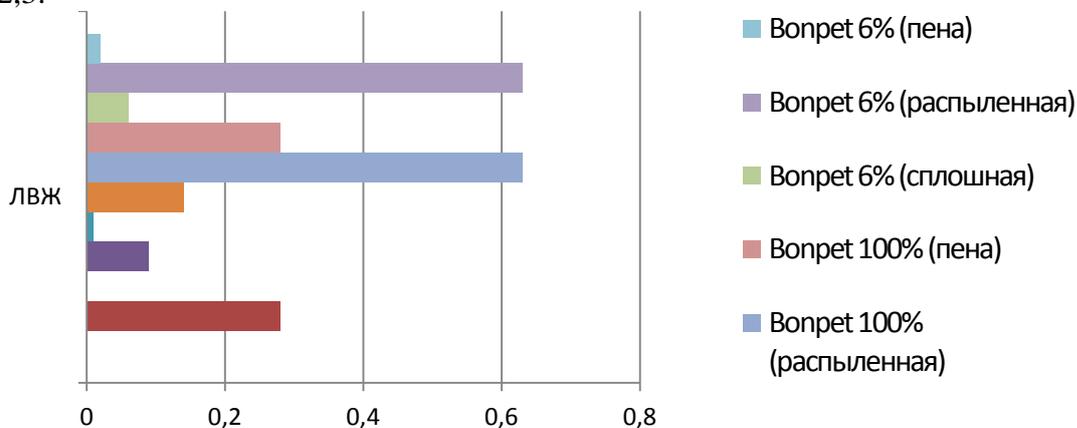


Рисунок 1. Результаты экспериментальных данных прекращения ЛВЖ

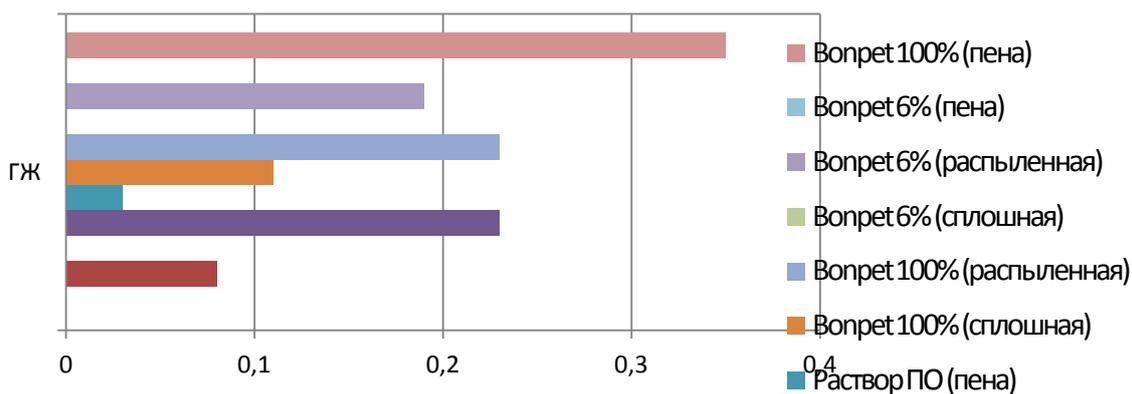


Рисунок 2. Результаты экспериментальных данных прекращения ГЖ

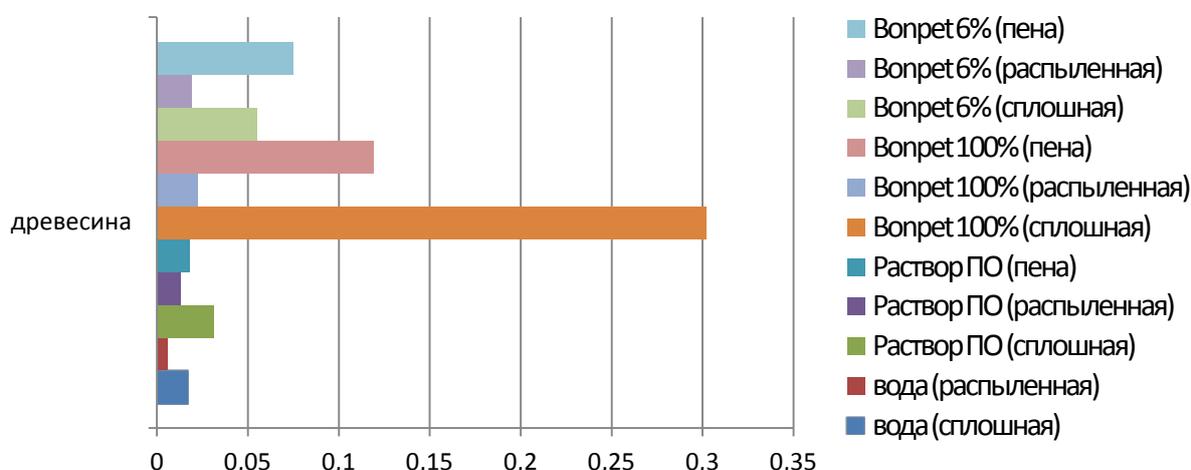


Рисунок 3. Результаты экспериментальных данных прекращения горения штабеля из брусков древесины

Таким образом из рисунков 1,2,3 наглядно видно что:

- наиболее эффективным для прекращения горения ЛВЖ является «BONPET» поданный в виде распыленной струи, но во время проведения эксперимента немало важным условием для успешной ликвидации горения являлось охват распыленной струей всей площади горения, что не всегда возможно сделать на практике. Так что рационально предположить, что наиболее эффективен для тушения ЛВЖ в реальных условиях будет «BONPET» в 100% концентрации, поданный в очаг горения в виде пены.

- для ликвидации горения ГЖ наиболее эффективным оказался «BONPET» в 100% концентрации, поданный в очаг горения в виде пены. Также было выявлено, что «BONPET» обладает очень стойкой к разрушению пеной, которая имеет большое поверхностное натяжение, и было обнаружено, что «BONPET» дополнительно вспенивается от температурного воздействия пламени.

- эффективнее всего для тушения штабеля древесины оказался «BONPET» в 100% концентрации, поданный сплошной струей.

Исходя из проведенных лабораторных исследований были определены сферы применения «BONPET» в пожарной охране. Огнетушащий состав «BONPET» целесообразнее всего применять для тушения пожаров на:

- аэродромах при разливах нефтепродуктов, вследствие аварий самолетов и других ЧС
- нефтеперерабатывающих предприятиях
- деревообрабатывающих предприятиях

Список литературы

1. Федеральный закон от 21.12.94г №69 – ФЗ «О пожарной безопасности» в действующей редакции.
2. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» ФЗ-123 в действующей редакции
3. Приказ МЧС России от 26.12.2013 № 837 «Об утверждении свода правил «Склады нефти и нефтепродуктов. Требования безопасности»».
4. Приказ МЧС России от 31.03.2011 № 156 « Об утверждении порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны».
5. Газета «Спасатель МЧС России. Предупреждение, Спасение. Помощь» 2009.- № 24 (254).
6. Сучков В., Грабко С., Молчанов В/ Этот коварный мазут//«Пожарное дело» 2014.- №8. С.19-20.
7. Белхароев Х/ Как избежать негативных последствий разливов нефти// «Гражданская защита», 2014. - №11 (471). С. 51-53.
8. Вестник МЧС России, 2014.-№3(71).
9. Корольченко, А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средств их тушения/ А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004. – ч.1. – 713с.
10. Безбородько, М.Д. Пожарная техника/ Под ред. М.Д. Безбородько - М., Академия ГПС МЧС России, 2004г. - 550 с.
11. Nakagawa Eiji, Takai Hiroyasu, Hoshi Tetsuya, Sugawara Yoichi. Report of Fire Technology and Safety Laboratory of Tokyo Fire Department, 2007. Tokyo/ 2007, с.24-31, 6 ил. Библ.9 Яп.
12. Zhu Qing. Xiaofang kexue yu jishu= Fire Sci. and Technol. 2008. 27 №12, с.937-938.
13. Повзик, Я.С. Пожарная тактика: М.: ЗАО «Спецтехника», 2004. - 416с.
14. Терехнёв, В.В. Пожарная техника. Кн. 1: Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение / В. В. Терехнев, Н. И. Ульянов, В.А Грачев ; ред. : В. В. Терехнев. - М. : Центр Пропаганды, 2007. - 328 с.
15. Бондарь А.А. Разработка способа подачи огнетушащего вещества из модулей пожаротушения на объектах нефтегазового комплекса/А.А. Бондарь: дис. канд. техн. наук.- Санкт-Петербург, 2012.
16. Сводка ЧС и происшествий [Электронный ресурс] www.mchs.gov.ru дата обращения 20.01.2015.
17. «ВОНПЕТ» [Электронный ресурс] <http://www.bontel.ru/> дата обращения 15.02.2015.



КРЫЛО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА АВИАЦИИ МЧС

Ловейко М.А., Сколкова Е.В., Чудинова С.Е.,
научные руководители: д-р техн. наук Довженко Н.Н.,
канд. техн. наук Минкин А.Н., канд. техн. наук Бражников А.В.
ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет

Тушение пожаров (в частности, лесных) и проведение работ по разведке полезных ископаемых (нефти, природного газа и т.д.) зачастую осуществляются в труднодоступных местах со сложным рельефом земной поверхности. В связи с этим к числу основных требований, предъявляемых к летательным аппаратам противопожарной и геологоразведочной авиации, относится возможность использования минимальных по протяженности ровных участков земной поверхности в качестве взлетно-посадочных полос, необходимых для взлета и посадки летательного аппарата (например, самолета).

Решение этой проблемы возможно, в частности, за счет максимального увеличения подъемной силы крыла летательного аппарата. Для решения поставленной задачи предложено крыло летательного аппарата с укороченной дистанцией взлета и посадки, имеющее симметричный профиль, оснащенное помещенным внутри источником акустических колебаний, примыкающим непосредственно к нижней поверхности крыла и отделенным от верхней поверхности крыла акустическим экраном, выполненным из звукоизоляционного материала (рис. 1). Новым является то, что внутри крыла между акустическим экраном и верхней поверхностью крыла дополнительно установлен термомэкрэн, выполненный из материала, обладающего теплоизоляционными свойствами.

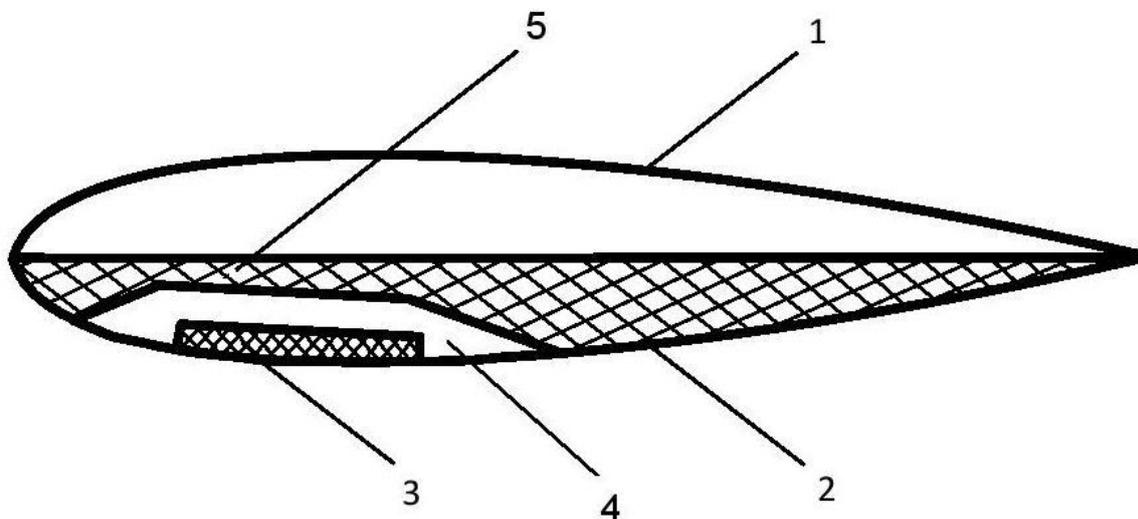


Рис. 1. Крыло летательного аппарата с укороченной дистанцией взлета и посадки: 1 – верхняя поверхность крыла, 2 – нижняя поверхность крыла, 3 – источник акустических колебаний, 4 – акустический экран, 5 – термомэкрэн.

В качестве источника акустических колебаний может быть использован, например, электрогенератор акустического шума (электроакустический вибратор).

Акустический экран может быть выполнен, например, из газобетона.

Термомэкрэн может быть выполнен, например, из пеностекла.

При установке внутри крыла источника акустических колебаний, примыкающего непосредственно к нижней поверхности крыла и отделенного от верхней поверхности крыла только одним экраном, – акустическим (выполненным из звукоизоляционного материала), – энергия акустических колебаний не достигает верхней поверхности крыла (вследствие звукоизоляции этой поверхности от источника акустических колебаний), но преобразуется внутри акустического экрана в тепловую энергию, которая нагревает не только нижнюю, но и верхнюю поверхность крыла и передается потокам воздуха, обтекающим крыло как снизу, так и сверху. В результате этого полной энергоизоляции верхней поверхности крыла от источника акустических колебаний не происходит, и обеспечиваемая в результате работы источника акустических колебаний разность давлений воздуха над и под крылом (а вследствие этого, и подъемная сила, действующая на крыло) оказывается меньше той, которая могла бы быть получена при более эффективной энергоизоляции верхней поверхности крыла от источника акустических колебаний.

Установка между акустическим экраном и верхней поверхностью крыла термоэкрана (выполненного из материала, обладающего теплоизоляционными свойствами), позволяет повысить энергоизоляцию (а именно, – термоизоляцию) верхней поверхности крыла от источника акустических колебаний, а вследствие этого – увеличить разность энергий и давлений потоков воздуха, обтекающих крыло сверху и снизу и, тем самым, повысить подъемную силу, действующую на крыло в процессе работы источника акустических колебаний.

При обтекании воздухом крыла, имеющего симметричный профиль, к нижней поверхности которого примыкает источник акустических колебаний, размещенный внутри крыла и отделенный от верхней поверхности крыла акустическим экраном и термоэкраном, полная удельная энергия потока воздуха, обтекающего крыло снизу, будет больше полной удельной энергии потока воздуха, обтекающего крыло сверху, во-первых, вследствие передачи первому (т.е. потоку воздуха, обтекающему крыло снизу) энергии от источника акустических колебаний в виде акустической энергии (непосредственно от источника акустических колебаний), во-вторых, вследствие передачи ему тепловой энергии (от акустического экрана, в котором акустическая энергия преобразуется в тепловую энергию), и, в-третьих, – вследствие максимальной энергоизоляции (т.е. акустической и тепловой изоляции) верхней поверхности крыла от источника акустических колебаний.

При этом результирующая подъемная сила, действующая на крыло, определяется по формуле

$$F \approx F_0 + (A^2 \cdot \omega_0^2 / 2 + k \cdot \rho \cdot \Delta T) \cdot S / 2,$$

где F_0 – подъемная сила, порожденная ненулевым углом атаки крыла; A – амплитуда колебаний частиц элементарного потока воздуха, обтекающего крыло снизу, возбужденных источником акустических колебаний; ω_0 – угловая частота колебаний частиц элементарного потока воздуха, обтекающего крыло снизу, возбужденных источником акустических колебаний; k – коэффициент пропорциональности; ρ – плотность воздуха; ΔT – разность абсолютных температур (по шкале Кельвина) потоков воздуха, обтекающих крыло сверху и снизу; S – общая площадь поверхности крыла, равная сумме площадей нижней и верхней поверхностей крыла.





УДК 614.843

СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ КРАЙНЕГО СЕВЕРА НА БАЗЕ «СТРЕЛЕЦ-ИНТЕГРАЛ»

Ловейко М. А.,

научные руководители: канд. техн. наук Минкин А.Н.,

канд. техн. наук Бражников А.В.

ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет

Соблюдение требований и правил пожарной безопасности является обязательным условием при эксплуатации зданий и сооружений на всей территории Российской Федерации, в том числе и в районах с суровыми условиями проживания и нахождения (таких как, например, районы крайнего севера). С этой целью здания и сооружения необходимо оснащать системами противопожарной защиты, в частности – системами пожарной сигнализации.

Эти требования неукоснительно соблюдаются и сегодня. Для этого используются пожарные сигнализации различных известных марок: «BOLID», «Aritech 2000», «Фотон» и др. Все эти системы работоспособны, отвечают всем требованиям пожарной безопасности, имеют сертификат соответствия. А так же они имеют общее сходство – все элементы этих систем соединяются между собой посредством проводов (рис. 1).

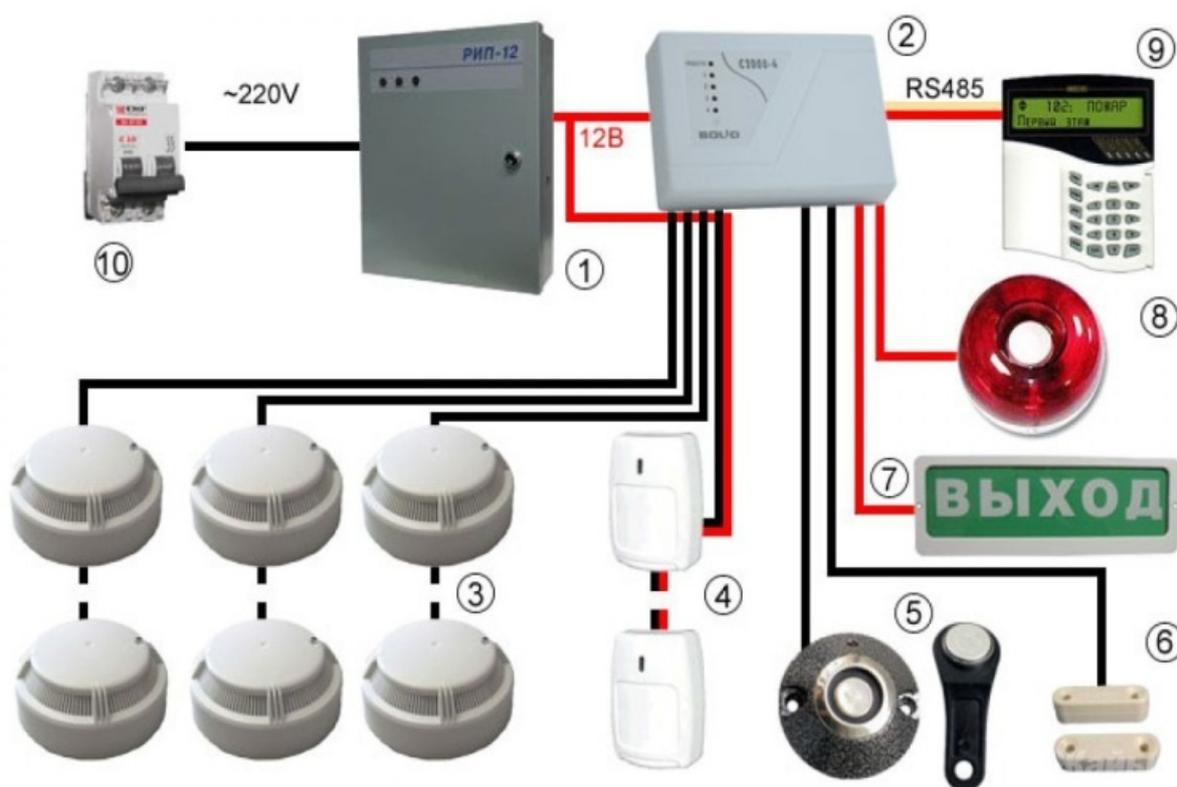


Рис. 1. Проводная система пожарной сигнализации

Но почему мы затронули эту тему, ведь, казалось бы, все функционирует и ничего придумывать больше не надо. Но есть одна особенность для этих районов. Воздух там, в виду низкой температуры, имеет низкую влажность, что приводит к такому яв-



лению как электризация предметов. И что получается, заряд постепенно накапливается на поверхностях, затем при достижении неких значений происходит утекание заряда по проводникам, в том числе и по проводам, которые соединяют элементы пожарной сигнализации. Это приводит к тому, что может произойти ложное срабатывание системы, появлению ошибок в работе, либо, в худшем варианте, выход ее из строя.

Данную проблему можно решить несколькими путями. Первый заключается в использовании заземляющих устройств. Но выполнить данное решение невозможно в условиях вечной мерзлоты. Соответственно нужно искать другое решение. Второе решение этой проблемы заключается в минимизации использования проводов, которые накапливают в себе статическое электричество, путём использования беспроводных систем. Например, система «Стрелец-Интеграл» (рис. 2).

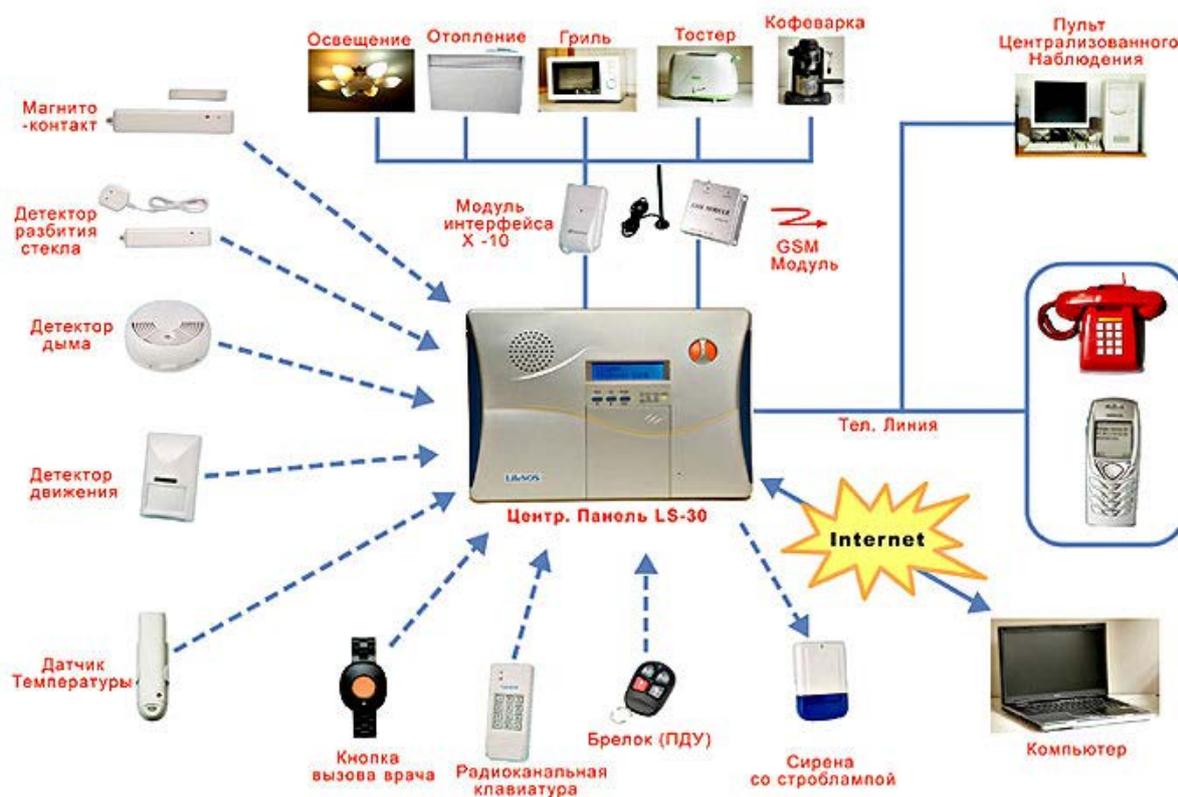


Рис. 2. Беспроводная система пожарной сигнализации «Стрелец-Интеграл»

Известно, что элементы беспроводных систем имеют более высокую стоимость, по сравнению с проводными. Но ведь стоимость пожарной сигнализации складывается не только ценностью элементов системы, а также затраты на ее монтаж, доставку элементов и проводов на объект. Теперь рассмотрим каждую статью расходов по отдельности для двух типов систем: проводная и беспроводная.

Монтаж проводной системы (рис. 3) регламентируется нормативными документами начиная от того, какие должны быть использованы провода, заканчивая тем, через какое расстояние должны быть смонтированы скобы. В среднем, на объекте площадью 100 м², имеющим 4 разделенных помещения, времени на монтаж уходит около 24 часов при работе одного монтажника. Теперь рассмотрим затраты на доставку элементов и проводов до объекта. Касаемо доставки элементов систем, оба типа будут иметь одинаковые затраты, но доставка проводов, учитывая их вес, а также отдаленность районов, будет иметь весомую часть затрат.



Рис. 3. Монтаж проводной системы пожарной

Теперь поговорим о беспроводной системе. Монтаж: в виду отсутствия проводов, проходит в кратчайшие сроки, необходимо лишь закрепить элемент в необходимом месте и лишь запрограммировать его. В итоге на том же объекте площадью 100 м², имеющим 4 разделенных помещения, времени на монтаж уходит лишь 2 часа работы одного монтажника. Про доставку было сказано выше.

Что же мы имеем в итоге. Получается, что использование беспроводных систем не только помогает избегать проблем, которые возникают при эксплуатации проводных систем в районах крайнего севера, но и в большинстве случаев это доказано выгоднее. Ведь стоимость монтажа, а также затраты на доставку в несколько раз ниже, чем при использовании традиционной системы.



ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ПРЕГРАДА

Ловейко М.А., Кибалина Е.С.,

научные руководители: канд. техн. наук Минкин А.Н.,

канд. техн. наук Бражников А.В.

ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет

В настоящее время используется широкий спектр разновидностей противопожарных барьеров, предназначенных для предотвращения распространения огня и продуктов сгорания в защищаемом помещении (в частности, – производственном). К числу этих разновидностей, в частности, относятся противопожарные шторы.

Варианты конструктивного исполнения противопожарных штор и механизмов, приводящих их в действие в случае возникновения пожара, – могут быть самыми различными. К числу этих вариантов относятся, например, конструкции, состоящие из противопожарных штор, выполненных из огнестойких тканей, закрепленных на специальных карнизах и спускаемых с карнизов к основанию (полу помещения) по боковым направляющим в случае возникновения очага возгорания внутри пожароопасной зоны, по периметру которой расположены эти противопожарные шторы, образующие в совокупности противопожарную преграду [1-3].

Недостатком таких конструкций является низкая эффективность в обеспечении противопожарного барьера из-за негерметичного прилегания противопожарных штор к боковым направляющим и основанию (полу помещения), вследствие чего имеют место:

- сохранение частичного газообмена (в частности, естественной тяги [4]) между зоной возгорания, заблокированной противопожарными шторами, и остальным объемом помещения, что затрудняет процесс и увеличивает время тушения пожара внутри указанной зоны;

- проникновение продуктов горения и химически активных и (или) вредных для здоровья людей огнегасящих веществ за пределы зоны возгорания, заблокированной противопожарными шторами.

Целью данной работы является разработка:

- способа повышения эффективности противопожарных барьеров вокруг потенциально пожароопасных зон, применение которых позволит обеспечить повышенную (по сравнению со случаями применения существующих противопожарных преград) безопасность производственного персонала и сохранность производственного оборудования и материалов, а также сокращение времени ликвидации очага возгорания при тушении пожара внутри производственного помещения химически активными и (или) вредными для здоровья людей газопылевыми огнетушащими веществами;

- устройства, представляющего собой один из возможных вариантов реализации названного выше способа повышения эффективности противопожарных барьеров, устанавливаемых вокруг потенциально пожароопасных зон.

Вышеназванный способ был разработан авторами данной статьи на основе анализа принципиальных недостатков существующих противопожарных барьеров, построенных на основе применения противопожарных штор.

Недостатки существующих противопожарных барьеров обусловлены тем, что в основу их построения был положен принцип «блочной» универсальности применения пожарно-шторовых конструкций, базирующийся на создании противопожарного единого (но, к сожалению, не герметичного) барьера из отдельных универсальных конструктивных компонентов – противопожарных штор, состыкованных друг с другом в боковых направляющих. При этом каждая из штор представляет собой отдельный состав-



ной элемент противопожарного барьера, осуществляющий блокирование пожароопасной зоны только с одной стороны.

При таком подходе к построению противопожарных барьеров обеспечение полной герметичности противопожарной, противодымовой и др. изоляции такого барьера в горизонтальной плоскости (в боковых направляющих штор) и в нижней его части (у основания, пола помещения) возможно только за счет применения соответствующих чрезвычайно дорогостоящих способов технической реализации, что является практически неприемлемым.

Разработанный авторами данной статьи способ построения высокоэффективных и высокоэкономичных противопожарных барьеров, отделяющих потенциально пожароопасные зоны от остального объема помещения, заключается в создании вокруг каждой потенциально пожароопасной зоны квазизамкнутого объема, выполненного из материалов, обладающих соответствующими физико-химическими свойствами для обеспечения полной герметичности противопожарной, противодымовой и др. изоляции упомянутой зоны в горизонтальной плоскости по всей высоте барьера и по периметру его стыковки с основанием (полом помещения). В верхней своей части упомянутый квазизамкнутый объем не имеет герметичного контакта с потолком помещения для возможности осуществления в этом месте газообмена между пространством, находящимся внутри данной противопожарной преграды, и остальным объемом помещения [5].

В качестве одного из возможных вариантов реализации предлагаемого в данной статье способа построения высокоэффективных и высокоэкономичных противопожарных барьеров может выступать противопожарная преграда, изготовленная из огнестойкой ткани выполнена в виде рукава, охватывающего пожароопасную зону, герметично прикрепленного к полу производственного помещения и находящегося в сложенном состоянии на полу этого помещения при отсутствии возгорания, а в случае возникновения очага возгорания внутри противопожарной преграды, - поднимаемого вверх и направляемого стропами с помощью подъемного механизма [6].

Будучи в сложенном состоянии при отсутствии возгорания внутри пожароопасной зоны, противопожарная преграда обеспечивает возможность перемещения производственного персонала по всему производственному помещению и доступ ко всему производственному оборудованию.

В поднятом состоянии (после возникновения очага возгорания в пожароопасной зоне и удаления производственного персонала на безопасное расстояние от зоны возгорания) противопожарная преграда препятствует газообмену между зоной возгорания и остальной областью производственного помещения (по всей высоте рукава, но не за пределами его верхнего края, не примыкающего к потолку помещения), а также проникновению продуктов горения и газопылевого огнетушащего вещества из зоны возгорания в остальную область производственного помещения.

На рис. 1 показаны противопожарные преграды 1, расположенные в виде рукавов вокруг пожароопасных зон 2 внутри производственного помещения 3, ограниченного стенами 4.

На рис. 2 показана в поперечном сечении (в вертикальной плоскости) схема взаимного расположения противопожарной преграды 1, находящейся в сложенном состоянии при отсутствии очага возгорания, пожароопасной зоны 2, пола 5 и потолка 6 производственного помещения 3, строп 7 для подъема противопожарной преграды 1, барабанов 8 для наматывания строп 7 и подъема противопожарной преграды 1, приводов 9 вращения барабанов 8 и источника 10 распыления огнетушащего вещества.



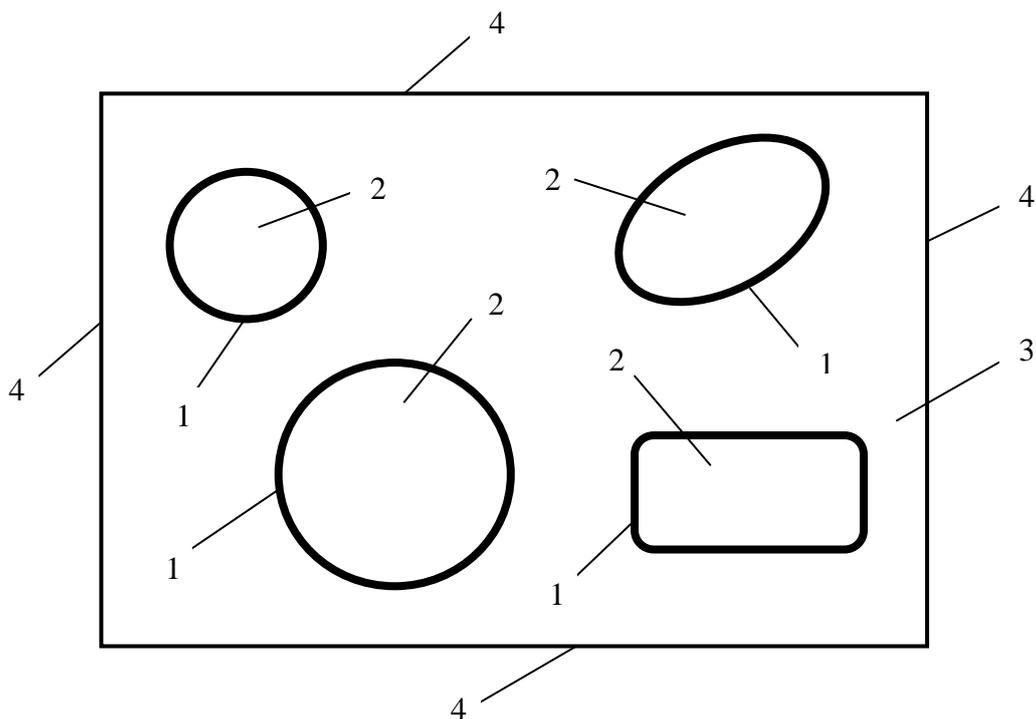


Рис.1. Расположение противопожарных преград, расположенных в виде рукавов вокруг пожароопасных зон внутри производственного помещения

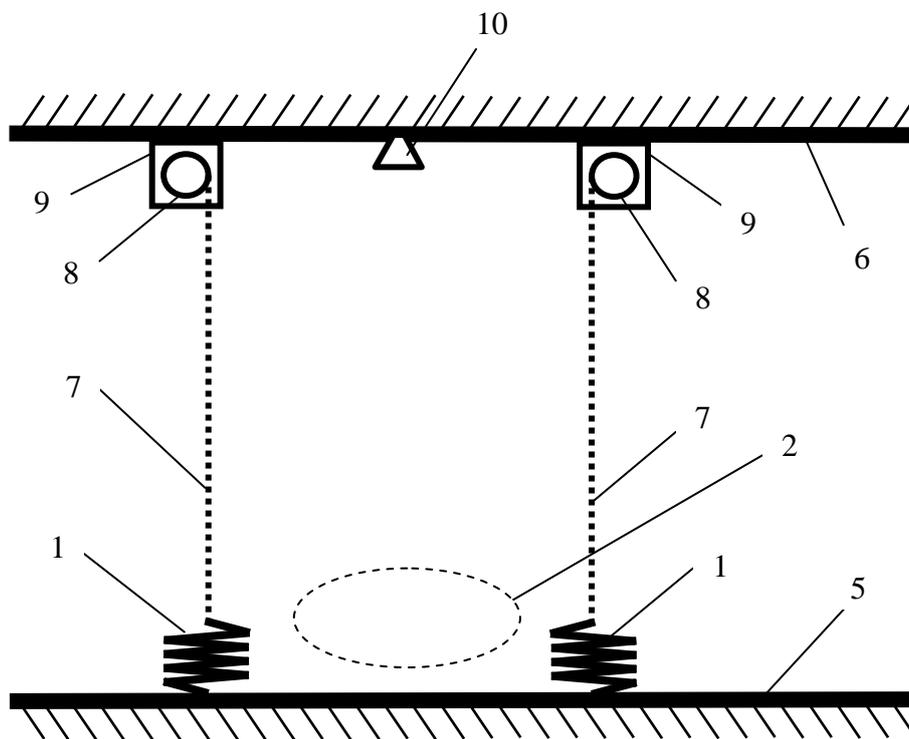


Рис. 2. Поперечное сечение (в вертикальной плоскости) схемы взаимного расположения противопожарной преграды, находящейся в сложном состоянии при отсутствии очага возгорания

На рис. 3 показана в поперечном сечении (в вертикальной плоскости) схема взаимного расположения противопожарной преграды 1, переведенной в поднятое состоя-



ние после возникновения очага 11 возгорания в пожароопасной зоне 2, пола 5 и потолка 6 производственного помещения 3, строп 7 для подъема противопожарной преграды 1, барабанов 8 для наматывания строп 7 и подъема противопожарной преграды 1, приводов 9 вращения барабанов 8, источника 10 распыления огнетушащего вещества и потока 12 огнетушащего вещества.

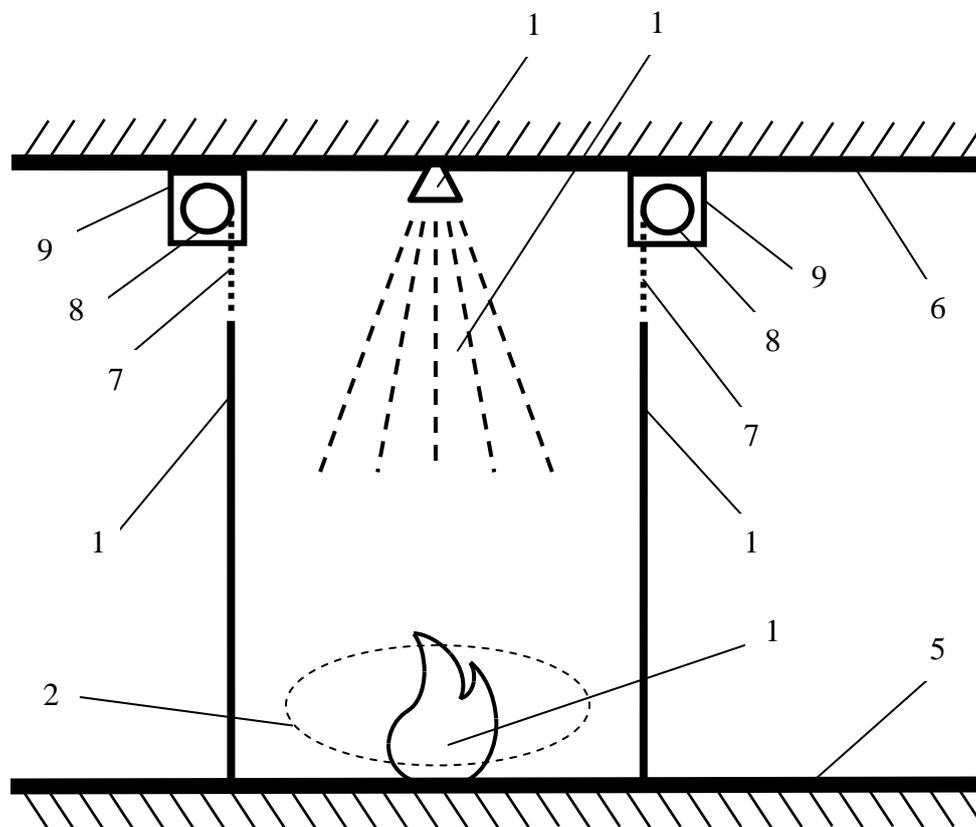


Рис. 3. Поперечное сечение (в вертикальной плоскости) схемы взаимного расположения противопожарной преграды, переведенной в поднятое состояние после возникновения очага возгорания в пожароопасной зоне

Список литературы

1. «БиКомс Холдинг». Информационный сайт. Режим доступа: <http://www.bikoms.ru/dictionary/p/protivopozharnye-shtory-ei60/>
2. «Афтон. Противопожарные системы». Информационный сайт. Режим доступа: <http://afton.ru/products/fire-barriers/fireproof-curtains/ei60/>
3. Патент РФ № RU 71550 U1, опубликовано 20.03.2008 г.
4. Гейер В.Г., Дулин В.С., Заря А.Н. Гидравлика и гидропривод. – М.: Недра, 1991 г. – 331 с.
5. Минкин А.Н., Бражников А.В., Ловейко М.А., Кибалина Е.С. Противопожарная преграда. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6 (приложение "Технические науки"). – С. 27.
6. Патент РФ № RU 142841 U1, опубликовано 10.07.2014 г.



ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВСЕСЕЗОННОЙ ЭКСТРЕННОЙ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Матиков Н.А., Вебер Д.А.,

научные руководители: канд. техн. наук Минкин А.Н.,

канд. техн. наук Бражников А.В.

ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет

На сегодняшний день одной из основных нерешенных задач в области ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) является доставка необходимых для этой цели грузов в удаленные и/или труднодоступные места, в которых произошли данные ЧС.

Кроме того, аналогичная задача стоит в области обеспечения необходимыми материальными ресурсами вновь вводимых в эксплуатацию объектов нефтегазовой отрасли, разворачиваемых, как правило, в районах с неразвитой системой транспортных коммуникаций, в которых организовать бесперебойную всесезонную доставку грузов с помощью наиболее широко применяемых видов транспорта (самолетов, вертолетов, железнодорожного и автомобильного транспорта и т.д.) невозможно и/или экономически нецелесообразно.

Актуальность этой задачи подтверждается, например, тем, что она была сформулирована относительно Ванкорского месторождения в форме кейса № 1 раздела I «Добыча» отборочного конкурса «Профессиональные кейсы», проводившегося 02.04.2015 г. в Институте нефти и газа ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» в рамках мероприятия «День Роснефти».

В данной работе для решения сформулированной выше задачи предлагается в дополнение к применяющимся в настоящее время транспортным средствам использовать также еще два вида транспортных средств, в настоящее время находящим недостаточное широкое применение. Это – дирижабли (для перевозки по воздуху больших грузов массой порядка 100 тонн и выше со скоростью не менее 150 км/ч) и наземных систем пневмотранспорта (для перемещения менее тяжелых грузов).

Возможность и перспективность применения этих (относящихся в настоящее время к разряду необычных, экзотических) видов транспорта для обеспечения бесперебойной всесезонной доставки грузов в удаленные и/или труднодоступные места обусловлена следующим.

В первые годы XXI столетия дирижаблестроение в ряде стран мира пережило второе рождение и начало активно развиваться [1]. На сегодняшний день мировую отрасль дирижаблестроения представляют около 100 компаний и, без учета рекламных и военных воздухоплавательных систем, 42 больших дирижабля (см. фото на рис.1-3). Анализируя основные современные тенденции развития в отрасли дирижаблестроения, специалисты отмечают значительный рост интереса к средним и крупным дирижаблям для использования в ключевых направлениях экономики – в теплоэнергетическом комплексе, строительстве, перевозке грузов, лесной промышленности, металлургии и т.д.

Дирижабли обладают целым комплексом только им присущих свойств. У них достаточно высокий коэффициент грузоподъемности, дальности и продолжительности полета, плюс – возможность вертикального взлета и посадки, работа в режиме длительного зависания и безопасность при эксплуатации даже в случае отказа силовой установки или системы управления. Эти аппараты имеют относительно малые расходы топлива, а их незначительное воздействие на окружающую среду служит весомым аргументом для активной эксплуатации. Дирижабли способны перманентно, то есть без причаливаний от мачты к мачте, без дозаправок и «пауз», работать в небе трое и более



суток, тогда как предел вертолета подобного класса составляет только 6 часов. При этом летный час стоит \$ 150-200.



Рис. 1. Действующий в настоящее время дирижабль “Zeppelin NT LZ-N07” производства компании “Zeppelin Luftschifftechnik” (Германия)



Рис. 2. Проект грузового дирижабля компании “CargoLifter” (Германия – США, 2003 г.)





Рис. 3. Строящийся грузовой дирижабль компании “Lockheed Martin Corporation” (США)

Для вертолета эти цифры ощутимо больше – от \$ 400 до \$ 1000, что объясняется большим расходом топлива у вертолетов при низкой массовой отдаче. Кроме того, для использования средств, так сказать, традиционной транспортной авиации (т.е. самолетов и вертолетов) необходимо создание аэродромов, инфраструктурных объектов и решение целого ряда других капиталоемких задач.

Уже сегодня мировая потребность в дирижаблях различной грузоподъемности и назначения, по данным западных экспертов, составляет около 1300 единиц. Они могут использоваться в лесоразработках, при разгрузке судов, монтаже линий электропередач, доставке и сборке оборудования и частей нефтяных платформ, для геологоразведки и многих других целей. А главное, уже определились потенциальные потребители. Это те, кто занимается разработкой новых месторождений в труднодоступных районах Севера на материке и морском шельфе, а также нефтяники и газовики.

Об использовании дирижабля поднимался вопрос в компаниях «Норильский никель», «Сибнефть», «Алроса». В авиакомпании «Волга-Днепр», специализирующейся на воздушных перевозках сверхтяжелых и негабаритных грузов самолетами Ан-124 «Руслан», вопрос о применении дирижаблей рассматривался в связи с перспективами развития компании. Дирижаблями также заинтересовались такие крупные нефтяные компании, как «Славнефть» и ЮКОС. «Судостроительный банк», например, несколько лет назад построил один аэростат, который использовался военными в Чечне.

Спрос стимулирует разработки и производство – дирижаблями наиболее активно занимаются в Германии, Великобритании, США, России. На сегодняшний день разработчиков высокотехнологичных дирижабельных систем в мире уже достаточно много. Лидерами дирижаблестроения в современном мире можно назвать следующие компании: “Zeppelin Luftschifftechnik” (Германия, фото на рис. 1), “Advanced Technology Group” (ATG, Великобритания), “American Blimp Corporation”

(ABC, США), “CargoLifter” (Германия – США, фото на рис. 2), “Lockheed Martin Corporation” (США, фото на рис. 3), НПО «РосАэроСистемы» (Россия) и др.

Все элементы систем пневмотранспорта (выполненные на основе выпускающихся сейчас пневматических транспортирующих установок [2], рис. 4) могут быть выполнены из относительно недорогих материалов. В частности, трубопроводы целесообразно выполнять из такого полимерного материала как полиэтилен [3].

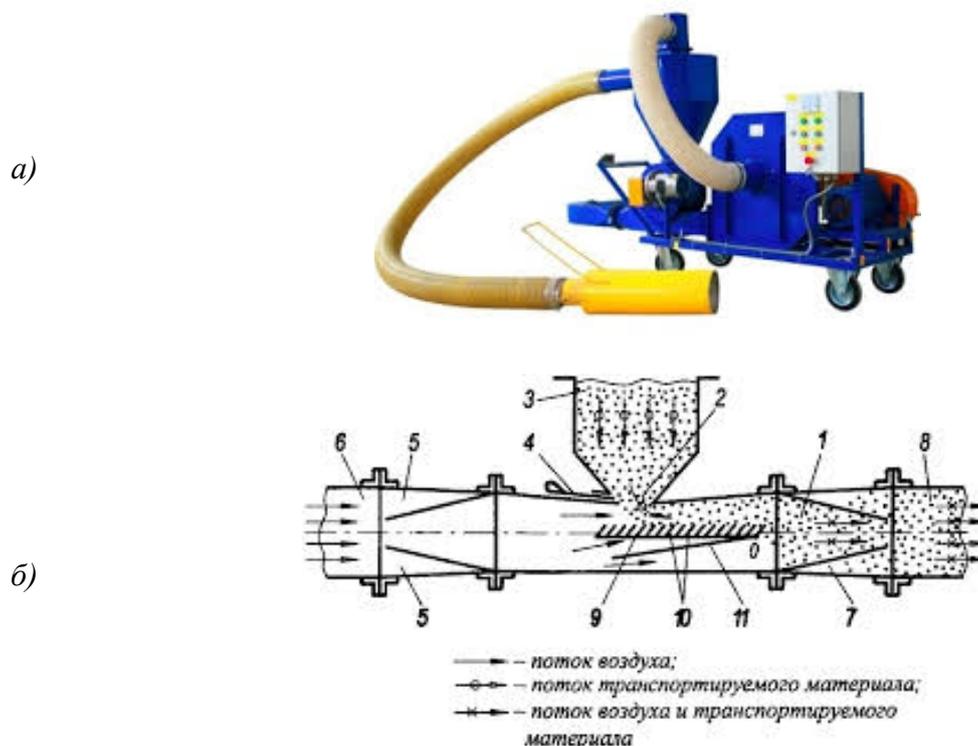


Рис. 4. Пневматическая установка для транспортировки сыпучих материалов:
 а – внешний вид; б – принцип действия

При этом каждая отдельно взятая система пневмотранспорта может представлять собой систему автоматических перегрузочных («пересыльных») пунктов, автономное энергоснабжение каждого из которых будет осуществляться от комплекса ветроэнергетических установок, расположенных вблизи данного перегрузочного пункта. Таким образом, можно «раздробить» всю энергию, необходимую для пересылки данного груза от начального пункта до конечного, на несколько отдельных «частей».

Такие системы пневмотранспорта будут действовать круглый год и обойдутся значительно дешевле строительства автомобильных и железных дорог.

Список литературы

1. «Рынок дирижаблестроения обретает новое дыхание». Информационный ресурс. Режим доступа: <http://www.cnews.ru/reviews/?2002/11/21/137901>
2. «Производительность пневматических установок и гидравлических устройств». Информационный ресурс. Режим доступа: <http://studopedia.org/8-235311.html>
3. «Компания «ЛВ-Инжиниринг». Информационный ресурс. Режим доступа: <http://www.galvanicline.ru/show.php?page=395>





УДК 614.841.345

**ДОСТИЖЕНИЕ ЗАДАНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТУШЕНИЯ
ПРИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ С ВОЗДУХА**

Овечников Ю.В.,

научный руководитель канд. пед. наук Масаев В.Н.

*Сибирская пожарно-спасательная академия – филиал Санкт-Петербургского
университета ГПС МЧС России*

Наибольшие масштабы и, как следствие, ущерб наносят ландшафтные пожары. Ежегодно на территории РФ происходит от 10 до 30 тыс. природных пожаров, при этом леса сгорают на площади свыше полумиллиона гектаров, а в отдельные годы – до 1 и более миллионов (Табл. 1) [3].

Таблица 1.

Год	Количество пожаров (тыс.)	Площадь нанесенного ущерба (тыс. га)
2010	1034	1024
2011	292	152,3
2012	38	14,71
2013	22	4,64
2014	156	34,42

На сегодняшний день проблема ландшафтных пожаров остается актуальной и требует новых инженерных решений в техническое оснащение имеющейся на вооружении МЧС России техники. Ландшафтные пожары в России, в некоторые годы, принимали масштаб национального бедствия. Они привели:

- к гибели на пожарах десятков человек;
- полному или частичному уничтожению нескольких сотен населенных пунктов и тысяч домовладений;
- уничтожению природных экосистем на площади нескольких млн. га;
- загрязнению атмосферы продуктами горения лесов и торфяников, вызвавшим заметное увеличение смертности и заболеваемости, которая сказывалась на состоянии здоровья населения в ближайшие годы;
- выбросу огромного количества парниковых газов и черного углерода, что имело глобальные последствия для природной среды на планете [2].

Исходя из статистических данных в связи с аномальной засухой на территории РФ наибольшее количество пожаров, и как следствие максимальные материальные и людские потери, приходится на 2010 г. В тот год были привлечены силы и средства на борьбу со стихией МЧС России – 131 тыс. человек и свыше 20 тыс. единиц техники, включая 27 воздушных судов. Авиация МЧС совершила более 2 тыс. вылетов (8 тыс. сливов, более 78 тыс. тонн огнегасящей жидкости). С того года в целях повышения эффективности тушения ландшафтных пожаров, широкое применение получил самолет-амфибия Бе-200ЧС.

Базовая модификация самолета-амфибии Бе-200ЧС - противопожарный вариант его крейсерская максимальная скорость 710 км/ч, крейсерская экономичная скорость 650 км/ч, практический потолок высоты 8000 м, максимальная дальность полёта с резервом топлива 3600 км, может заправляться водой, как на аэродроме, так и осуществлять ее забор на водоеме в режиме глиссирования [3]. Самолет-амфибия Бе-



200ЧС способен на скорости 150-190 км/ч, на режиме глиссирования, забирать 6-12 тонн воды в баки, расположенные под полом грузовой кабины, за 12 секунд. Для приготовления огнегасящих растворов установлены баки с химжидкостью общим объемом 1,2 м³. Максимальный взлетный вес самолета после забора воды на режиме глиссирования 43 тонны. Время залпового сброса воды над очагом пожара 0,8-1,0 сек. на скорости около 250 км/ч. Масса сбрасываемой воды за одну заправку топливом до 270 тонн (дистанция "аэродром-пожар" – 100 км, "аэродром-водоем" – 10 км) [3].

Тактическое назначение самолета-амфибии Бе-200ЧС предполагает его использование при:

транспортировке личного состава, пожарно-технического и аварийно-спасательного вооружения, техники и огнетушащих веществ;

организации разведки, управления и связи;

эвакуации и спасании людей;

тушении пожара с воздуха путем сброса на очаг воды, подачи других огнетушащих веществ;

создание заградительных полос растворами огнезадерживающих химикатов и воды при защите от пожаров населенных пунктов и объектов.

Бе-200ЧС может эксплуатироваться с аэродромов класса "В" (длина ВПП - 1800 м) или с внутренних и морских акваторий глубиной не менее 2,6 метра и высотой волны до 1,2 м (3 балла). Экипаж самолета состоит из двух пилотов.

Противопожарное оборудование самолёта включает две группы водяных баков, разделенных продольными перегородками на две секции, которые оснащены створками для сброса воды и дренажным патрубком, соединяющим бак с атмосферой. Имеется восемь створок водяных баков, которые могут производить сброс воды залпом или поочередно, в любой комбинации, что существенно увеличивает эффективность пожаротушения (Табл. 2) [4]. Навигационное оборудование позволяет выходить на очаг пожара, причем при повторном заходе оно автоматически выводит самолет на место предыдущего сброса, что особенно важно в условиях сильного задымления.

Таблица 2.

Возможности сброса	Зона гарантированного покрытия, м ³	Размеры зоны общего покрытия (длина × ширина), м
Единичный сброс залпом из 8 баков	1390	80×30
Последовательный сброс из 2 баков	2615	145×30
Последовательный сброс из 3 баков	3450	225×26
Последовательный сброс из 4 баков	4460	276×26
Последовательный сброс из 8 баков	5324	551×16

Оснащение видеокамерой и тепловизором позволяет пилотам и диспетчерам эффективно отслеживать изменение ситуации и оперативно реагировать за территориями на расстоянии до 300 км. Тепловизор способен обнаружить очаг возгорания даже в том случае, когда на изображении с камеры он будет еще не заметен.

На сегодняшний день техническое оснащение при работах в достаточно экстремальных условиях позволяет достигнуть таких результатов как сброс огнетушащих веществ на уровне (от 100 до 50-40м) и работа в местах с почти нулевой видимостью.



Существующая проблема эксплуатации при тушении пожаров по способу сброса воды (не регулируемый поток огнетушащих веществ) не гарантирует эффективного использования воды. Как следствие одно из условий локализации пожара, когда значение фактической поверхностной интенсивности подачи огнетушащего вещества $J_{\text{ф}}, \left(\frac{\text{л}}{\text{с}\cdot\text{м}^2}\right)$ должно превышать значение требуемой поверхностной интенсивности подачи огнетушащего вещества $J_{\text{тр}}, \left(\frac{\text{л}}{\text{с}\cdot\text{м}^2}\right)$. Условие $J_{\text{ф}} \geq J_{\text{тр}}$ не выполняется и не соответствует условию прекращения горения [5]. Соответственно возникает необходимость повторного использования авиационной техники по заданной площади пожара. Затрачивается достаточно много времени на повторное заполнение водобаков из отдаленных водоисточников, что увеличивает вероятность большего распространения пожара.

Эта проблема была выявлена при исследовании и оценке работы авиации МЧС России при тушении ландшафтных пожаров.

Решение данной проблемы возможно при модернизации существующей системы управления противопожарным оборудованием самолета, что достигается сопряжением тепловизора с системой автоматического управления створками водяных баков. Значение сформированного цифрового сигнала от тепловизора переданное системе автоматического управления определяет включение необходимого количества водяных баков.

Температурный режим ландшафтного пожара, будет определяющим и задающим показателем при определении значения фактически подаваемого количества огнетушащего вещества. Большой температурный режим, как задающий параметр пожара, требует большего значения фактически подаваемого количества огнетушащего вещества.

Горение может быть ликвидировано лишь в том случае, когда для его прекращения подается определенное количество огнетушащих веществ. В зависимости от параметров пожара требуемая поверхностная интенсивность подачи огнетушащих веществ различна. Фактическая поверхностная интенсивность подачи огнетушащих веществ, достигается при условиях, когда расход огнетушащего вещества на единицу площади пожара, в единицу времени, могут быть реализованы существующими техническими средствами подачи. Такие интенсивности подачи огнетушащих веществ будут оптимальными и требующими определения и приведения в справочные таблицы. Выполнение условия $J_{\text{ф}} \geq J_{\text{тр}}$ позволяет более рационально и эффективно использовать имеющееся на борту самолета-амфибии количество огнетушащего вещества для целей пожаротушения.

Средние, практически целесообразные, значения требуемой поверхностной интенсивности подачи огнетушащих веществ, называемые оптимальными (требуемыми, расчетными), устанавливаются опытным путем и практикой тушения пожаров.

Новизной научного исследования является определение значений требуемой поверхностной интенсивности подачи огнетушащих веществ в зависимости от температурного режима ландшафтного пожара.

Новые возможности избирательного действия при тушении ландшафтных пожаров с воздуха, позволят повысить пожарную безопасность лесных массивов, а так же защиту стратегически-важных объектов, крупных предприятий и близ находящихся населённых пунктов и населения от природных катаклизмов.



**РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ
МНОГОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО
ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

**Потриденный Д.В., Калинин Е.С.,
Нечаева О.Г., Моисейченко В.А., Тючкалов А.А.,
научные руководители: д-р техн. наук Довженко Н.Н.,
канд. техн. наук Минкин А.Н., канд. техн. наук Бражников А.В.
ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет**

В настоящее время во всем мире одним из наиболее перспективных и актуальных направлений в области электропривода (в том числе и взрывозащищенного) является исследование, разработка и создание многофазных систем электропривода переменного тока, имеющих число фаз более четырех, предназначенных для применения в различных областях индустрии и транспорта и построенных как на базе синхронных (различного типа), так и асинхронных электродвигателей.

Свидетельством этого является тот факт, что на протяжении уже нескольких лет в рамках наиболее крупных международных научных конференций (в том числе и организованных IEEE, США) соответствующего профиля создаются специальные секции “Multiphase Electrical AC Machines and Drives”.

В свою очередь, научное направление, связанное с изучением, разработкой и созданием многофазных электроприводов, представляет собой совокупность, широкий спектр отдельных научно-технических директорий, одной из которых является направление, разрабатываемое на протяжении ряда лет в Институте нефти и газа (ИНиГ) ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет (СФУ)» под научным руководством Проректора СФУ, директора ИНиГ СФУ, д-ра техн. наук, проф. Н.Н. Довженко – последователем (в области электромеханики) Академика ряда Академий наук, Заслуженного деятеля науки и образования РСФСР, д-ра техн. наук, проф. Б.П. Соустина. Это направление базируется на изучении и практическом использовании уникальных, экстраординарных регулировочных возможностей многофазных электроприводов переменного тока, применение которых позволяет существенно улучшить технико-экономические характеристики системы электропривода (такие как надежность, массогабаритные показатели и др.). Указанные дополнительные регулировочные возможности систем электропривода, имеющих число фаз более четырех, в принципе не могут быть реализованы при числах фаз, равных одному, двум, трем и четырем.

Анализ опубликованных на данный момент в мире научных работ в данной области свидетельствует о том, что в настоящее время в названном научном направлении коллектив ИНиГ СФУ является безусловным мировым лидером.

На сегодняшний день одной из наиболее первостепенных задач, стоящих перед коллективом научной школы ИНиГ СФУ «Многофазные электромеханические системы переменного тока нового поколения», возглавляемых д-ром техн. наук, проф. Н.Н. Довженко, является, в частности, создание экспериментальной (учебно-исследовательской) установки многофазного асинхронного электропривода с фазно-полюсным управлением.

В основу этой установки положен патент [1] и работы [2-5].

На рис.1 приведена обобщенная функциональная схема подключения фазных обмоток статора многофазного асинхронного электродвигателя 1 напрямую к фазам преобразователя частоты 2, питание которого осуществляется от трехфазной сети пе-



ременного тока 3. Понижающий трансформатор между преобразователем частоты и электродвигателем отсутствует.

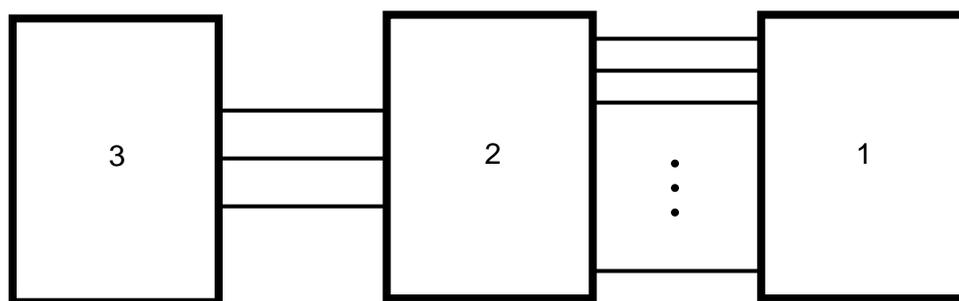


Рис.1. Обобщенная функциональная схема подключения фазных обмоток статора многофазного асинхронного электродвигателя напрямую к фазам преобразователя частоты, питание которого осуществляется от трехфазной сети переменного тока.

На рис. 2 схематически представлено взаимное расположение основных конструктивных элементов асинхронного электродвигателя – статора 4, состоящего из наружной части 4.1, торцевой части 4.2, внутренней части 4.3, и Ш-образного (в сечении) массивного ротора 5.

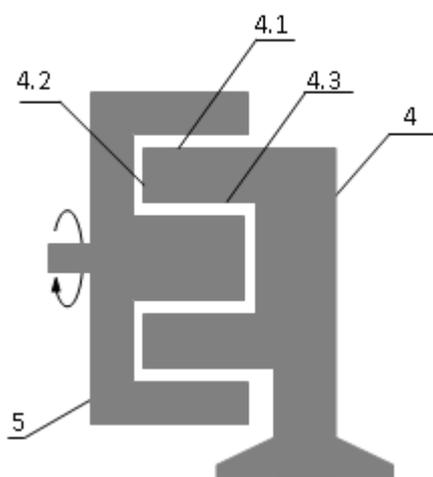


Рис.2. Взаимное расположение основных конструктивных элементов асинхронного электродвигателя.

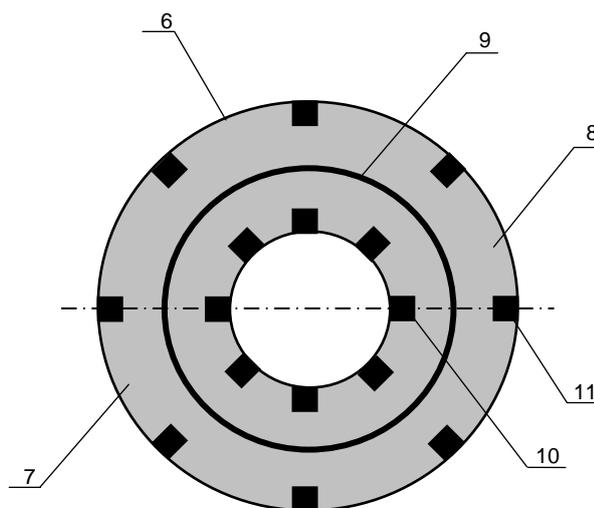


Рис.3. Магнитопровод статора

На рис. 3 показан магнитопровод 6 статора 4 разделенный на две цилиндрические части (внутреннюю 7 и наружную 8) полой цилиндрической диамангнитной (например, медной) гильзой 9. Полые цилиндрические части 7 и 8, вставленные одна в другую, образуют два ряда пазов – внутренний 10 и наружный 11, – предназначенных для размещения в них многовитковых фазных обмоток статора, выполненных в радиальном направлении.

На рис. 4 представлен вариант реализации описанного выше принципа построения многофазного асинхронного электродвигателя. Вал ротора 5 двигателя опирается

на подшипники качения 14, установленные в корпусе 15 двигателя. Фазные обмотки 12 статора подключаются к фазам преобразователя частоты 2.

На рис. 5 представлен вариант исполнения статора многофазного асинхронного электродвигателя, когда число фазных обмоток 12 статора 4 равно шести. Магнитопровод 6 статора 4 вместе с диамангнитной гильзой 9 крепится к корпусу 15 электродвигателя болтовыми соединениями 16.

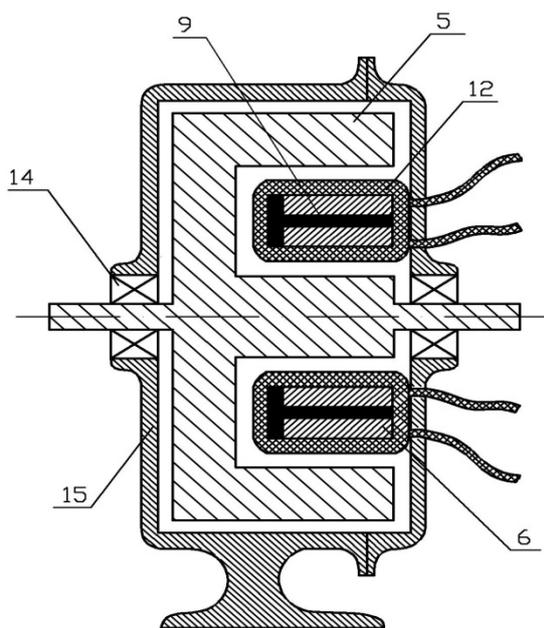


Рис. 4. Многофазный асинхронный электродвигатель с Ш-образным ротором

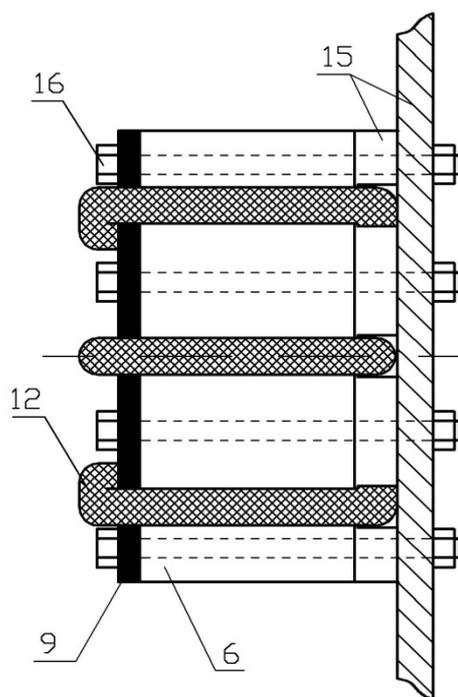


Рис. 5. Статор многофазного асинхронного электродвигателя

На рис. 6 представлена фотография магнитопровода статора асинхронного электродвигателя с 24-фазной тороидальной обмоткой, изготавливаемого в настоящее время на кафедре «Пожарная безопасность» Института нефти и газа ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет».

Авторами данной статьи ожидается, что многофазный асинхронный инверторный электропривод после сборки и монтажа будет работать следующим образом.

При подключении многофазного асинхронного электродвигателя 1 (см. рис. 4 и 5) к трехфазной сети переменного тока 3 через преобразователь частоты 2, вращающееся магнитное поле (поле статора), возбуждаемое элементами фазных обмоток статора 4, каждая из которых состоит из наружной части 4.1, торцевой части 4.2 и внутренней части 4.3, создает в Ш-образном массивном роторе 5, отделенном от статора воздушным зазором, вихревые токи (токи ротора), которые, в свою очередь, создают вторичное вращающееся магнитное поле (поле ротора). В результате взаимодействия поля статора с токами ротора, а также поля ротора с токами статора, создается вращающий момент, заставляющий Ш-образный ротор 5 вращаться. При этом фазные обмотки 12 статора 4 расположены во внутренних 10 и наружных 11 пазах статора. Вследствие того, что ротор 5 имеет Ш-образную форму, увеличивается площадь рабочей поверхности ротора 5, взаимодействующей с магнитным потоком, создаваемым наружной частью 4.1, торцевой частью 4.2 и внутренней частью 4.3. статора 4, в результате чего в двигателе создается дополнительный вращающий момент. При этом шихтованный

магнитопровод 6 статора 4 состоит из двух полых цилиндрических частей 7 и 8, вставленных одна в другую и отделенных друг от друга полый цилиндрической диамангнитной гильзой 9, препятствующей наложению и взаимной компенсации во внутреннем и наружном воздушных зазорах двигателя магнитных полей, создаваемых внутренними 10 и наружными 11 пазами статора.

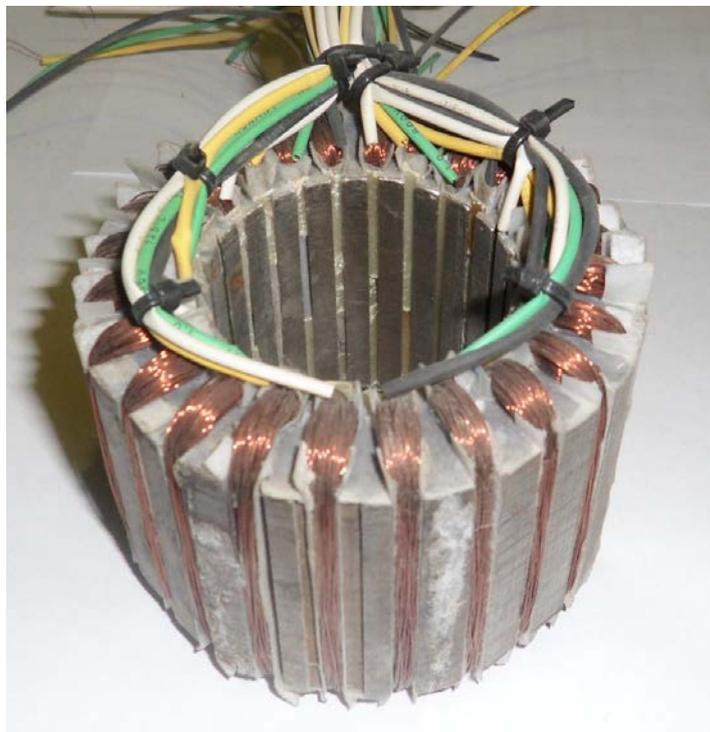


Рис. 6. Магнитопровод статора асинхронного электродвигателя с 24 фазными обмотками

Список литературы

1. Бражников А.В., Белозеров И.Р. Многофазный асинхронный инверторный электропривод с фазно-полюсным управлением. Патент РФ № RU 100863 U1, опубликовано 27.12.2010 г.

2. Бражников А.В., Пантелеев В.И., Довженко Н.Н. Фазно-полюсное управление многофазными асинхронными инверторными электроприводами // Электрика, № 3, 2005, с. 22-27.

3. Brazhnikov A.V., and Dovzhenko N.N., "Control Potentials and Advantages of Multiphase AC Drives", Proceedings of the 29th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference "PESC '98", Fukuoka, Japan, May 17-22, 1998, vol. 2, pp. 2108-2114.

4. Brazhnikov A.V., and Brazhnikova E.S., "Efficiency Invariance Laws and Development of Multiphase AC Inverter Drives", Proceedings of the 21st International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion "SPEEDAM '2012", Sorrento, Italy, June 20-22, 2012, pp. 420-425.

5. Brazhnikov A., Dovzhenko N., Minkin A., Pomolotova O., Litvinenko A., and Shilova V., "Novel Type of EV Hybrid Traction Drives", International Journal of Control and Automation, South Korea, vol. 7, No 3, March 2014, pp. 251-266.



АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР НА ТЕМУ «ТУШЕНИЕ РЕЗЕРВУАРОВ»

Сколкова Е.В, Чудинова С.Е.,

научные руководители: канд. техн. наук Минкин А.Н.,

канд. техн. наук Бражников А.В.

ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет

На сегодняшний день в области пожарной безопасности промышленных объектов одной из наиболее актуальных задач является предупреждение возникновения и тушение пожаров в резервуарах, предназначенных для хранения горючих жидкостей. К числу основных существующих способов пожаротушения таких объектов относятся следующие.

Во-первых, способ противопожарной защиты и тушения пожаров резервуаров с нефтепродуктами, включающий в себя подачу жидкого хладагента под слой нефтепродукта [1]. При использовании такого способа в нижнюю часть резервуара жидкий хладагент подают совместно с нефтепродуктом и/или через установленные на дне резервуара форсунки. На поверхность нефтепродукта жидкий хладагент подают через плавающие форсунки, а в верхнюю часть резервуара хладагент подают через форсунку, установленную в крыше резервуара, при этом последовательность и продолжительность подачи хладагента в разные зоны резервуара определяют в зависимости от параметров нефтепродукта и концентрации нефтегазовоздушной смеси над его поверхностью.

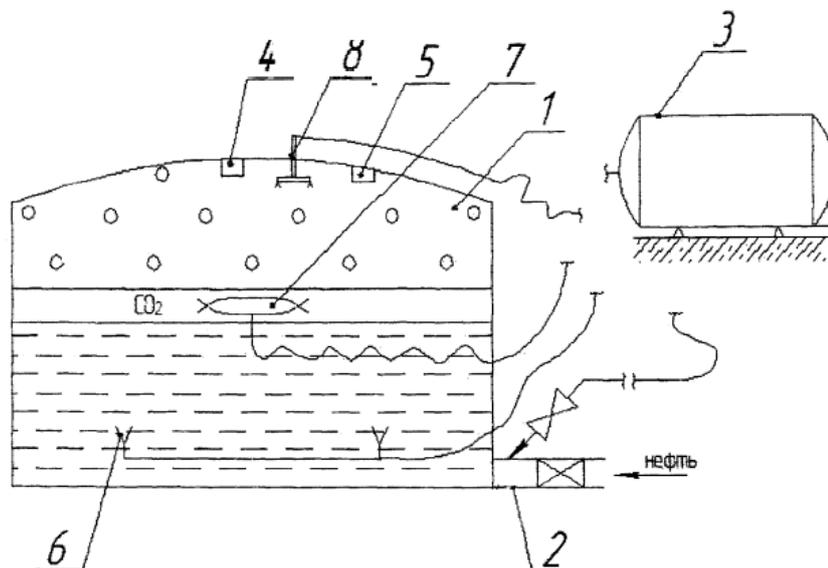


Рис. 1. Способ противопожарной защиты и тушения пожаров резервуаров с нефтепродуктами, включающий в себя подачу жидкого хладагента под слой нефтепродукта

Заполнение резервуара 1 нефтепродуктом или нефтью по трубопроводу 2 осуществляют одновременно с подачей по этому же трубопроводу из изотермического резервуара 3 жидкого хладагента, например, диоксида углерода, или азота, или смеси инертных газов. Температуру заливаемого продукта и концентрацию нефтегазовоз-

душной смеси над его поверхностью контролируют установленными в резервуаре датчиками 4 и 5. В нижнюю зону резервуара жидкий хладагент может подаваться также через установленные на его дне форсунки 6. На поверхность нефтепродукта (нефти) жидкий хладагент подают из резервуара 3 через плавающие форсунки 7. В случае превышения допустимой концентрации нефтегазовоздушной смеси над поверхностью продукта осуществляют подачу хладагента в газообразном состоянии через форсунку 8, размещенную в крыше резервуара 1. При обнаружении возгорания осуществляют подачу жидкого хладагента одновременно через форсунки 6, 7 и 8.

Недостатком этого способа является низкая эффективность процесса тушения горючей жидкости в резервуаре.

Кроме того, к числу основных существующих способов тушения пожаров в резервуарах относится способ, основанный на применении криогенной азотной установки для тушения пожаров в замкнутых объемах [2]. Эта установка содержит криогенную емкость с жидким азотом, газосброс, трубопровод подачи огнетушащего вещества, регулируемый клапан, один датчик обнаружения пожара, испаритель, который расположен вне криогенной емкости и нижним концом сообщен с нижней ее частью, заполненной жидким азотом, а верхним - с объемом ее наджидкостного пространства. На начальном участке испарителя установлен регулируемый клапан, один конец криогенного трубопровода связан с криогенной емкостью в зоне, заполненной жидким азотом, на другом его конце установлен датчик обнаружения пожара, связанный с регулируемыми клапанами трубопровода и испарителя.

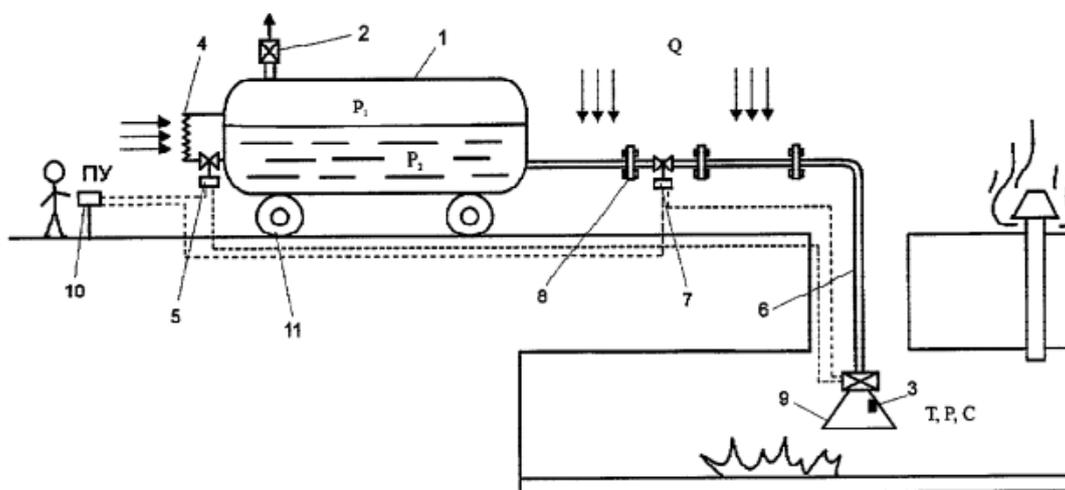


Рис. 2. Криогенная азотная установка для тушения пожара в замкнутом объектах

К недостаткам данного способа пожаротушения относится низкая пропускная способность клапана, вследствие чего наблюдается недостаточно эффективное продувание азотом свободной поверхности горючей жидкости, находящейся в резервуаре.

В третьих, к числу основных существующих способов тушения пожаров в резервуарах относится способ пожаротушения, заключающийся в подаче газодисперсной огнетушащей смеси в зону горения жидкости [3]. Огнетушащую смесь подают из плавающего в центре резервуара устройства, газодисперсную огнетушащую смесь образуют в устройстве путем подачи под давлением не менее 1 МПа газообразного и/или сжиженного флегматизатора (и /или газообразного и/или сжиженного гомогенного ингибитора горения) в емкость с порошкообразным или жидким гетерогенным ингибитором горения, имеющую разрывную мембрану или клапан, обеспечивающие при повышении давления 1 МПа выпуск газодисперсной смеси через выходной трубопровод и

круговой сопловой распылитель компактными струями с пространственным углом расхождения $5-15^\circ$ в плоскости, параллельной свободной поверхности жидкости, с расходом не менее 10 кг/с со скоростью истечения на срезе сопла не менее 70 м/с , при этом подачу струй ведут с разверткой на 360° в пространстве.

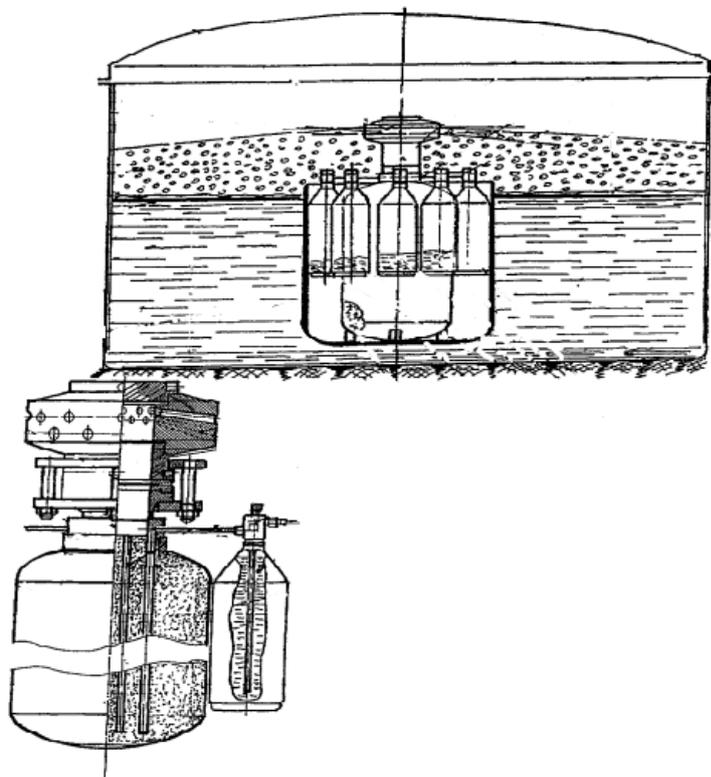


Рис. 3. Тушение резервуара с плавающими баллонами

Недостатком данного способа является возможность перекоса устройства и в связи с этим уменьшение эффективности тушения горючей жидкости в резервуаре.

Результаты проведенного в данной работе аналитического обзора по теме «Тушение резервуаров», позволяют сделать вывод о том, что на сегодняшний день, к сожалению, пока еще не разработаны достаточно эффективные способы пожаротушения резервуаров с горючими жидкостями.

Список литературы

1. Бражников П.В., Добрынин С.Л., Труфанов А.Н., Тянь В.К., Шариков Г.Н. Способ противопожарной защиты и тушения пожаров резервуаров с нефтепродуктами. Патент РФ № 2429036 С1, опубликовано 20.09.2011 г.

2. Гусев А.Л., Чабан П.А., Кондырина Т.Н. Криогенная азотная установка для тушения пожара в замкнутых объектах. Патент РФ № 2311937 С2, опубликовано 10.12.2007 г.

3. Селиверстов В.И., Стенковой В.И., Веретинский П.Г., Ивашков В.П., Кашпов Л.Я., Крестинин В.В., Кусков Н.А., Трубникова В.В. Способ тушения пожара в резервуаре и устройство для его осуществления. Патент РФ № 2258549 С1, опубликовано 20.08.2005 г.



ОРУДИЕ ДЛЯ ПРОКЛАДКИ ПЕННЫХ ОПОРНЫХ ПОЛОС ДЛЯ БОРЬБЫ С ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ

Французенко Ю. В.

научный руководитель: канд. тех. наук, доц. Орловский С. Н.
ФГБОУ ВПО Красноярский государственный аграрный университет

Для борьбы с лесными пожарами применяют орудия на базе бензопил и моторизированных опрыскивателей с целью сбивания пламени лесного низового пожара низкой интенсивности высокоскоростной воздушной или воздушно-жидкостной струёй, прокладки, пенных или смоченных опорных полос, раздувания пламени при отжиге. По своим массогабаритным показателям они позволяют прибыть к очагу горения в кратчайшие сроки и тем самым начать его локализацию на минимальной площади. Для этой цели в 1997-2000 годах институтом ВНИИПОлесхоз были разработаны и внедрены в серийное производство воздуходувки лесопожарные переносные ВЛП-2,5 и ВЛП-20 на базе бензопил «Тайга-245» и «Stil - 036».

По своему конструктивному исполнению они являются малогабаритными вентиляторами центробежного типа с конфузورным соплом.

По данным Г.П. Телицына для прекращения пламенного горения при низовом пожаре скорость создаваемого воздуходувкой потока воздуха должна быть не менее 18 м/с.

Величина мощности лесопожарной воздуходувки, обеспечивающей выполнение этого условия на примере пожара средней интенсивности (высота пламени $h_{пл} = 1,8$ м; глубина кромки = 2,5 м, скорость продвижения кромки $V_{кр} = 3,5$ метра в минуту) составляет 18 кВт.

Можно заключить, что при использовании в качестве огнетушащего агента только сухого воздуха, мощность привода малогабаритных воздуходувок ВЛП-2,5 и ВЛП-20 обеспечивает им тушение кромки только низовых пожаров слабой интенсивности с высотой пламени не более 0,6-0,7 м.

Одним из апробированных в практике тушения лесных пожаров способов применения лесопожарных воздуходувок на тушении более интенсивных лесных пожаров было их применение на прокладке пенных опорных полос при производстве отжига. На конце сопла воздуходувки может устанавливаться пеногенератор, служащий для приготовления воздушно-механической пены (Рис 1 А-В).



А. Воздуходувка ВЛП-2,5



Б - Прокладка опорной полосы



В - Отжиг

Рисунок 1. Воздуходувки и их применение

Недостаток существующих воздуходувок - работа в непосредственной близости от очага горения, когда оператор подвергается воздействию неблагоприятных факторов лесного пожара - огня, дыма, искр. По технологии он перемещается вдоль кромки пожара на расстоянии 1,5 – 2,0 м от неё, сбивает пламя воздушной струей.

В то же время при оперативной борьбе с лесными пожарами широко используются косвенные методы тушения, сущность которых заключается в создании заградительных полос различной ширины в зависимости от вида и интенсивности лесного пожара. Заградительные полосы прокладывают перед движущейся кромкой пожара на некотором расстоянии от нее. Косвенные способы тушения, особенно при борьбе с крупными лесными пожарами, являются достаточно эффективными и находят широкое применение в практике охраны лесов от пожаров.

При использовании на прокладке пенных опорных полос воздуходувок производительность одного лесного пожарного составляет в среднем 0,5 км/ч, ширина прокладываемой полосы 0,15- 0,25 м, время ее сохранности от 6 до 9 мин.

Однако при работе с пеногенератором воздушный поток, движущийся со скоростью 105 м/с с расходом воздуха 0,26 м³/с срывает пену с сетки. Убавить его скорость снижением частоты вращения вентилятора нельзя ввиду особенностей конструкции центробежной муфты бензопилы. Для обеспечения работы в сопло вставляется дроссельная шайба с отверстием диаметром 15 мм, при этом мощность двигателя используется на 10-15 процентов (рисунок 2).

Проблема может быть решена использованием в качестве источника воздушного потока малогабаритного вентилятора меньшей мощности. При этом снижается масса орудия и его габариты (воздуходувка ВЛП-2,5 на базе бензопилы «Тайга» весит 15 кг, ВЛП 20 - 10 кг), расход топлива, облегчается труд оператора.

Предлагается вместо воздуходувки ВЛП-20 мощностью 3,6 кВт использовать воздуходувку Stihl SH-56 (сдувающий пылесос) мощностью 0,7 кВт и весом 5,3 кг (рисунок 3) с пеногенератором от воздуходувки ВЛП-20. Вода с пенообразователем должна подаваться из ранца от РЛЮ за спиной оператора через шланг в трубопровод подачи пенообразующего состава на сетки пеногенератора, где и происходит пенообразование.

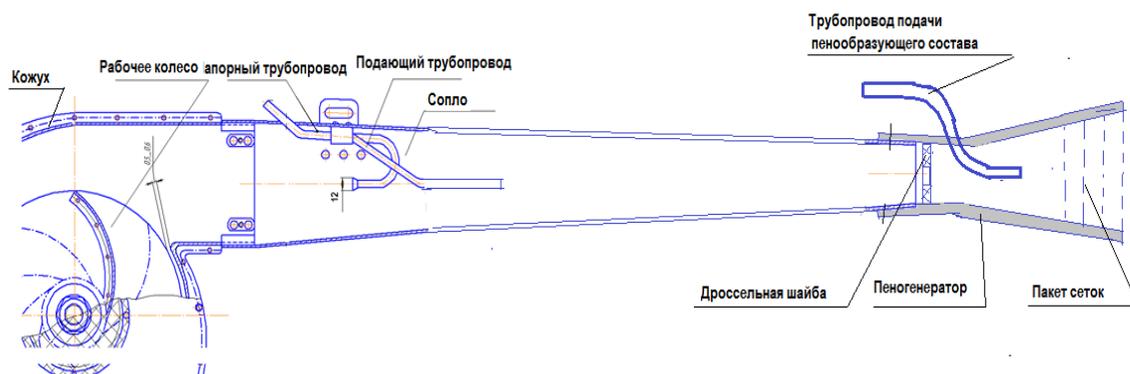


Рисунок 2. Воздуходувки с дроссельной шайбой пеногенератора



Рисунок 3. Садовый пылесос Stihl SH-56 –Базовое энергетическое средство предлагаемого орудия для борьбы с лесными пожарами

При той - же производительности масса орудия снизится с 10-15 кг до 5,5 кг, соответственно уменьшится расход топлива и облегчится труд лесного пожарного.

Применение вместо ранцевых лесных опрыскивателей малогабаритного моторизованного орудия с пеногенератором при прямом тушении низового лесного пожара низкой интенсивности позволит сократить расход воды в 5- 10 раз, снизить трудозатраты на её подноску и тем самым увеличить производительность труда и сокращение выгоревших лесных площадей.

Особенно эффективным может быть применение проектного орудия в МЧС для тушения весенних загораний травы в черте города. Вместо подачи воды по рукавной линии на кромку пожара, которая может иметь большую протяжённость, достаточно обойти очаг горения и потушить огонь, укрывая его пеной.

Применение проектного орудия на прокладке опорных полос при тушении крупных лесных пожаров высокой интенсивности позволит сократить сроки прибытия к очагу горения, повысить производительность труда и тем самым сократить площади выгоревших лесов.

Покладка заградительных барьеров с применением отжига должна производиться четырьмя рабочими. Первый с проектным пеногенератором прокладывает опорную полосу, второй поджигает напочвенный покров зажигательным аппаратом и контролирует горение до удаления фронта пламени отжига на 1 м от опорной полосы. Третий и четвёртый занятые подноской жидкости, контролируют горение при движении вдоль опорной полосы и ликвидируют возгорания за ней от переброса случайных искр. Ширина выжигаемой полосы должна быть равна для низового пожара до 10 м и не менее 200 м - перед фронтом беглого верхового пожара.

Производительность одного лесного пожарного с проектным пеногенератором на прокладке опорной полосы из пены составит 0,8 км/ч, ширина прокладываемой полосы 0,15- 0,25 м, время ее сохранности от 6 до 9 мин. Расход пенообразующего 120 дм³/км.

Проведём сравнительный расчёт использования на тушении лесного пожара проектного орудия (А) и бульдозера на тракторе Т-170 (Б) для прокладки заградительного барьера по методике [4].

Исходные данные: Технические средства пожаротушения по вариантам: А - доставка на пожар 8 чел рабочих на автомобиле УАЗ-3303 с проектными орудиями (2 шт), РЛО и зажигательными аппаратами. Б - бульдозер на тракторе Т-170 и рабочие на автомобиле ЗиЛ – 131;

Исходные данные: расстояние от места базирования техники до очага горения 15 км; скорость распространения фронтальной кромки пожара 3 м/мин; вид пожара –

низовой средней интенсивности; время обнаружения пожара 0,2 ч с пожарного наблюдательного пункта. Расчёты по формулам [4].

Время прибытия к месту лесного пожара $T_A = 1$ ч, $T_B = 4.5$ ч. Площади пожара S_A и S_B по соответственно 2,9 га и 60. Время локализации пожара $T_{лА}$ и $T_{лБ}$ вариантам 10,54 ч и 0,46 ч.

Общие выгоревшие площади S_{Σ} 5,85 га и 93,72. Величина предотвращенного ущерба 356 тыс. руб, затраты на тушение $Z_A = 3781$ руб., $Z_B = 39016$ руб. Количество сохраненного кислорода $M_{O_2} = 1635$ т. Сокращения выброса диоксида углерода 659 т. В нашем случае эта цифра ущерба, которую мы избегаем.

Негативное влияние выбросов диоксида углерода и поглощения кислорода при лесных пожарах сказывается как на климате региона, так и планеты в целом и сокращение их – одна из важнейших задач лесной охраны.

Список литературы

1. Лорбербаум В.Г., Смирнова К.В. Применение высокократной пены при борьбе с лесными пожарами. Методические указания, Л. ЛенНИИЛХ, 1975.-15 с.
2. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М. Химия, 1983. - 263 с.
3. Гольдаммер И.Г. Применение пенных огнетушителей в борьбе с лесными пожарами и результаты, полученные при опытных работах с эфиром № 1. Л. AFZ, 1982, № 36, 1094 - 1097.
4. Орловский С.Н. Технология и механизация тушения лесных, степных и торфяных пожаров: методические указания. Краснояр. гос. аграр. ун-т.-Красноярск, 2014. 92 с.



ПОВЫШЕНИЕ КПД МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

**Шарипов Д.А., Матиков Н.А., Вебер Д.А.,
научные руководители: д-р техн. наук Довженко Н.Н.,
канд. техн. наук Минкин А.Н., канд. техн. наук Бражников А.В.
ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет**

В настоящее время одним из наиболее перспективных направлений в области борьбы с пожарами является использование для тушения данного пожара энергии самого этого пожара. При этом наиболее целесообразным представляется двухступенчатое преобразование энергии пожара:

- на первом этапе все виды энергии, выделяющейся при пожаре, преобразуются в электрическую энергию как наиболее универсальный и максимально удобный для дальнейшего преобразования вид энергии;

- на втором этапе предварительно полученная электрическая энергия преобразуется в тот или иной вид энергии для непосредственного воздействия на очаги возгорания с целью их ликвидации.

В рамках этого нового и перспективного направления в 2014 г. в Институте нефти и газа ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» была начата разработка мобильного энергетического комплекса, предназначенного для электроснабжения пожарной техники [1-4].

Конструкция разрабатываемого энергокомплекса напрямую связана с теми основными видами энергии, которые выделяются при пожаре в окружающую среду. К числу этих основных видов энергии относятся следующие:

- электромагнитное излучение видимого (свет), инфракрасного (тепло) и ультрафиолетового спектров, исходящее из зоны, охваченной пожаром;

- образование воздушных и газовых потоков (ветров), вызванных газообменом между зоной горения и окружающей средой;

- возникновение акустического шума, исходящего из зоны, охваченной пожаром [1-4].

В связи с этим в состав разрабатываемого мобильного энергокомплекса входят:

- ветроэнергетическая установка;

- преобразователь энергии электромагнитного излучения видимого (свет), инфракрасного (тепло) и ультрафиолетового спектров в электрическую энергию;

- акустоэлектрический преобразователь энергии акустических колебаний, исходящих из охваченной пожаром зоны, в электрическую энергию.

При этом все три преобразователя работают на заряд аккумуляторной батареи, непосредственно от которой осуществляется электропитание пожарной техники.

Все элементы энергокомплекса размещаются, например, на шасси автомобиля или другого транспортного средства. На рис. 1 показан вариант размещения энергокомплекса на шасси автомобиля, где 1 – мачта ветроэнергетической установки, 2 – верхний шарнир мачты ветроустановки, 3 – нижний шарнир мачты ветроустановки, 4 – ветрогенератор, 5 – преобразователь электромагнитного излучения (видимого спектра (свет), инфракрасного (тепло) и ультрафиолетового излучений) в электрическую энергию, 6 – акустоэлектрический преобразователь, 7 – вертлюг преобразователя электромагнитного излучения в электрическую энергию, 8 – вертлюг акустоэлектрического



преобразователя, 9 – аккумуляторная батарея, предназначенная для электропитания пожарной техники.

Акустоэлектрический преобразователь может быть выполнен индуктивного, емкостного, пьезоэлектрического или оптического типа.

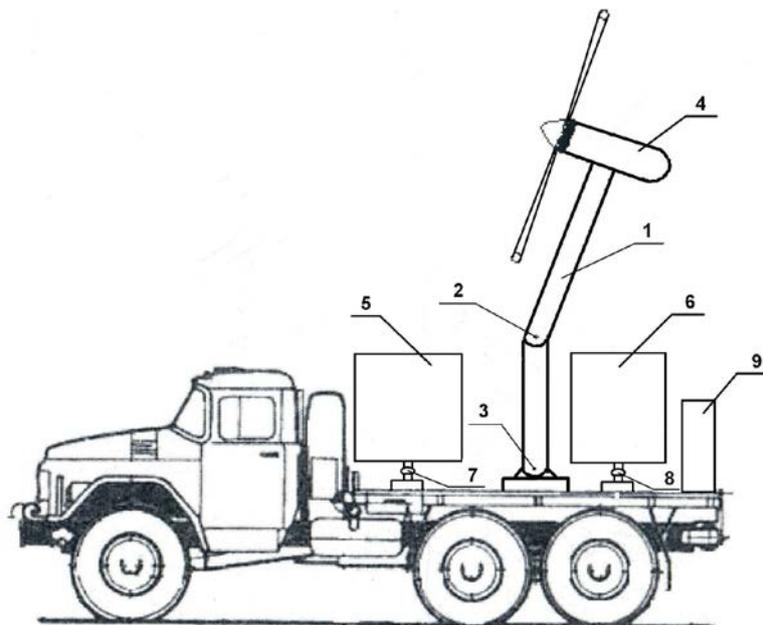


Рис. 1. Схема мобильного энергетического комплекса, предназначенного для электропитания пожарной техники

Однако уже на первом этапе разработки данного энергокомплекса стало очевидным, что при использовании в его составе выпускающихся в настоящее время преобразователей энергии такой энергокомплекс будет обладать весьма существенным недостатком: низкая электрическая мощность на выходе ветрогенератора, обусловленная низким КПД преобразования в ветрогенераторе энергии ветропоток в электроэнергию (20-35 %).

В связи с этим в данной работе ее авторами было предложено использовать следующее техническое решение: для повышения подъемной силы, действующей на лопасти ветроколеса ветроэнергетической установки, входящей в состав разрабатываемого энергокомплекса, противоположные поверхности каждой лопасти ветроколеса покрывать слоями материалов, имеющих разные значения коэффициента теплопоглощения. При этом поверхности лопасти отделять друг от друга термоэкраном, выполненным из механически прочного материала, обладающего теплоизоляционными свойствами [5].

На рис. 2 схематично изображено поперечное сечение предлагаемой лопасти ветроколеса, имеющей симметричный профиль. Поверхность 1 лопасти ветроколеса, на которую воздействует подъемная сила, покрыта слоем материала, обладающим большим значением коэффициента теплопоглощения, чем противоположная ей динамически пассивная поверхность 2 лопасти. Поверхности 1 и 2 разделены термоэкраном 3.

При такой конструкции подъемная сила, действующая на лопасть ветроколеса, определяется из соотношения

$$F = F_0 + \Delta F = F_0 + \rho \cdot \Delta A \cdot \varepsilon \cdot S / M , \quad (1)$$

где F_0 – подъемная сила, порожденная несимметричностью профиля и ненулевым углом атаки лопасти ветроколеса; ΔF – увеличение подъемной силы, порожденное разностью температур потоков воздуха, обтекающих противоположные поверхности лопасти; ρ – плотность воздуха;

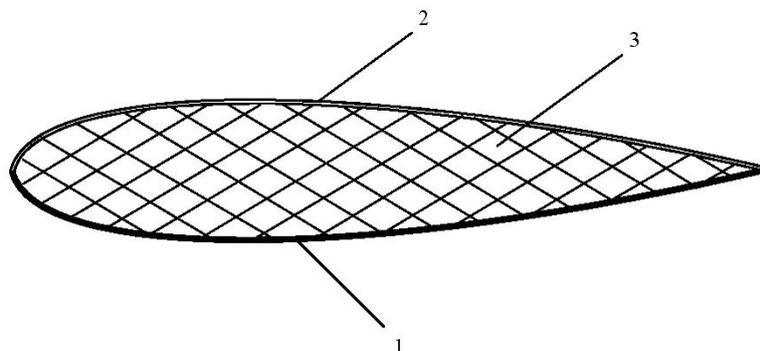


Рис. 2. Поперечное сечение предлагаемой конструкции лопасти ветроколеса

$\Delta A = A_1 - A_2$; A_1 – коэффициент теплопоглощения материала, которым покрыта поверхность лопасти, на которую воздействует подъемная сила со стороны ветропотока; A_2 – коэффициент теплопоглощения материала, которым покрыта противоположная ей поверхность лопасти; ε – полная энергия теплового излучения, которому подвергаются обе поверхности лопасти ветроколеса со стороны окружающей среды, от солнечного излучения и прочего; S – общая площадь поверхности лопасти, равная сумме площади поверхности лопасти, на которую воздействует подъемная сила со стороны ветропотока, и площади противоположной ей поверхности лопасти; M – масса потока воздуха, обтекающего лопасть ветроколеса в непосредственной близости от ее поверхности.

Термоэкран 3 может быть выполнен, например, из пеностекла.

Список литературы

1. Бражников А.В., Довженко Н.Н., Минкин А.Н., Помолотова О.В., Шарипов Д.А., Алтымышев Б.Б., Ловейко М.А. Мобильный энергетический комплекс для электроснабжения пожарной техники. Патент РФ № RU 147940 U1, опубликовано 20.11.2014 г.
2. Бражников А.В., Довженко Н.Н., Минкин А.Н., Шарипов Д.А., Алтымышев Б.Б., Ловейко М.А. Энергетический комплекс для электроснабжения пожарной техники // Современные проблемы науки и образования», № 6 (приложение «Технические науки»), 2014 г., с. 24.
3. Шарипов Д.А., Алтымышев Б.Б., Ловейко М.А. Разработка мобильного энергетического комплекса для электроснабжения пожарной техники / Сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции «Молодежь и наука», Красноярск: Сиб. федер. ун-т, апрель 2014 г., CD-ROM, 3 с.
4. Шарипов Д.А., Алтымышев Б.Б., Ловейко М.А. Мобильный энергетический комплекс для электроснабжения пожарной техники / Сборник материалов I Всероссийской молодежной научно-технической конференции нефтегазовой отрасли «Молодая нефть», Красноярск: Сиб. федер. ун-т, май 2014 г., CD-ROM, 4 с.
5. Бражников А.В., Довженко Н.Н., Минкин А.Н., Помолотова О.В., Шарипов Д.А., Алтымышев Б.Б., Ловейко М.А. Лопасть ветроколеса. Патент РФ № RU 147728 U1, опубликовано 20.11.2014 г.



**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОУСТАНОВОК
С МНОГОФАЗНЫМИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ
СИСТЕМАМИ В ОБЛАСТИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ**

**Шарипов Д.А., Матиков Н.А., Вебер Д.А.,
научные руководители: д-р техн. наук Довженко Н.Н.,
канд. техн. наук Минкин А.Н., канд. техн. наук Бражников А.В.
ФГАОУ ВПО Сибирский федеральный университет**

В настоящее время ветроэнергетические установки (ВЭУ) в пожарном деле используются в основном только для наполнения пожарных резервуаров (см., например, [1, 2]). Однако сфера применения ВЭУ в области пожаротушения может быть существенно расширена. Это обусловлено следующим.

В последние годы одним из наиболее перспективных направлений в названной области является использование для тушения пожара энергии самого пожара. Как известно, при возникновении пожаров (особенно крупных) возникает естественная тяга, сопровождающаяся появлением достаточно мощных потоков воздуха в окрестностях зоны пожара, направленных к его эпицентру. Например, во время пожаров 13-15 февраля 1945 г. в г. Дрезден (Германия), возникших в результате бомбардировки города англо-американской авиацией, в окрестностях Дрездена были зафиксированы скорости ветропотоков, направленных к центру города, примерно 200 км/ч.

Установка в окрестностях зоны пожара одной или нескольких ВЭУ позволит получать значительное количество энергии для приведения в действие самых различных технических средств пожаротушения.

При питании от ВЭУ электроприводов пожарной техники (например, приводов пожарных насосов) целесообразно силовую (электромеханическую) часть системы строить по схеме «многофазный ветрогенератор переменного тока – коммутатор – многофазный электродвигатель (двигатели) переменного тока с оверфазным управлением» (рис. 1).

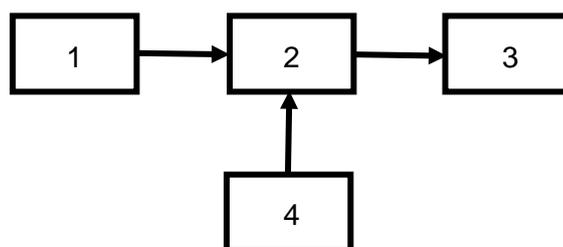


Рис. 1. Структура системы многофазной электромеханической системы: 1 – многофазный ветрогенератор переменного тока; 2 – коммутатор; 3 – многофазный электродвигатель (двигатели) переменного тока с оверфазным управлением; 4 – блок управления

Здесь под многофазными подразумеваются электрические генератор и двигатель, число фаз которых больше либо равно пяти. Главной особенностью оверфазного управления многофазным электродвигателем переменного тока является тот факт, что при его использовании изменение скорости вращения двигателя осуществляется нетрадиционным способом – за счет изменения фазовых смещений между напряжениями соседних фаз двигателя без какого либо варьирования частоты или амплитуды этих напряжений [3, 4]. Такая система «ветрогенератор – электродвигатель (двигатели)» не со-

держит преобразователя частоты, вследствие чего потери в ней, возникающие при переключении полупроводниковых приборов, будут на несколько порядков ниже (а КПД значительно выше), чем в инверторных системах электроприводов переменного тока с частотным регулированием скорости электродвигателей (синхронных или асинхронных) [5].

Кроме того, многофазные электроприводы переменного тока с оверфазным управлением обладают целым рядом других преимуществ перед иными существующими системами электропривода (например, повышенной надежностью, меньшими массогабаритными показателями и т.д.) [3, 4], что делает их применение весьма перспективным и в других видах противопожарного оборудования (например, в приводах пожарных роботов, лафетных стволов и т.д.).

При этом в описанной выше системе «многофазный ветрогенератор переменного тока – коммутатор – многофазный электродвигатель (двигатели) переменного тока с оверфазным управлением» заложена потенциальная возможность к дальнейшему усовершенствованию за счет применения в этой системе не одно-, а двухступенчатого коммутатора (рис. 2), позволяющего реализовать одновременно обе разновидности оверфазного управления – фазнополюсное и сверхсинхронное управление (что невозможно при использовании одноступенчатого коммутатора), а за счет этого – увеличить до трех количество дискретных значений скорости вращения ротора асинхронного двигателя.

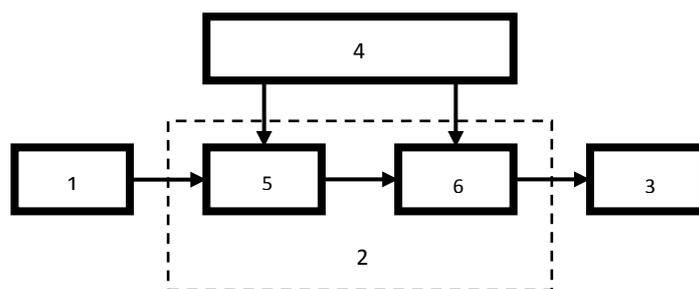


Рис. 2. Многофазная электромеханическая система с двухступенчатым коммутатором: 5 – коммутатор первой ступени; 6 – коммутатор второй ступени (остальные обозначения те же, что и на рис. 1)

Список литературы

1. Алешков И.Н., Карбушев В.Ф. Ветроустановка. Патент РФ № RU 2254495 С1, опубликовано 20.06.2005 г.
2. Карбушев В.Ф., Алешков И.Н., Збиняков В.Д., Марин Н.И. Ветроустановка. Патент РФ № RU 2295649 С2, опубликовано 20.03.2007 г.
3. Brazhnikov A.V., and Dovzhenko N.N.: “Control Potentials and Advantages of Multiphase AC Drives”, Proceedings of the 29th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference “PESC ‘98”, Fukuoka, Japan, May 17-22, 1998, vol. 2, pp. 2108-2114.
4. Brazhnikov A.V., and Belozеров I.R.: “Over-Phase Control of Inverter Multiphase AC Linear Drives”, Journal “Mechatronics”, Elsevier Publishing Company, vol. 23, issue 2, March 2013, pp. 227-232.
5. Brazhnikov A., Dovzhenko N., Minkin A., Pomolotova O., Litvinenko A., and Shilova V.: “Novel Type of EV Hybrid Traction Drives”, International Journal of Control and Automation, South Korea, vol. 7, No 3, March 2014, pp. 251-266.

