

УДК 678.027.7:677

## РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ СПАСЕНИЯ И ПОЖАРОТУШЕНИЯ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Перевозчиков В.А., аспирант

Научный руководитель: Сыровой Г.В., к.т.н., доцент

Луганский государственный университет

имени Владимира Даля

г. Луганск

При ведении работ в горных выработках особой задачей ставится сохранение жизни рабочих и быстрая локализация возникшего пожара. Для этих целей применяется различное оборудование и приспособления.

Имея многолетний опыт, в Луганском государственном университете им. В. Даля ведутся работы в области создания оборудования и изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ), в том числе по проектированию, разработке технологии, производству и испытанию изделий для различных средств спасения и пожаротушения [1-3].

В работе дана оценка состоянию и перспективам разработки оборудования и изделий на основе использования полимерных композитов для средств спасения и тушения в горнодобывающей промышленности.

Наиболее весомые результаты были достигнуты в подготовке производства композитных корпусов для пожаротушения и баллонов высокого давления для средств спасения. Ниже представлен краткий обзор достигнутых результатов и обоснованы направления дальнейших исследований.

**Корпуса для пожаротушения**, используемые как корпус огнетушителя (рис.1) и ствольный огнетушитель (рис.2). Сущность работ заключалась в увеличении несущей способности оболочки за счет повышения реализуемой конструкционной прочности армирующего материала (АМ) [4, 5].



Рисунок 1 Различные формы порошкового огнетушителя

Проведённые экспериментальные исследования по определению влияния

структурно-технологических параметров намотки на прочность корпусов огнетушителя из ПКМ, полученных спирально-кольцевой намоткой АМ, позволили:

- установить оптимальную форму оболочек для выдувания порошковой смеси тушения пожара;
- определить и рекомендовать оптимальные соотношения толщин слоев, обеспечивающие повышение совершенства по массе на 25-50 %.



Рисунок 2 Процесс намотки ствольного огнетушителя

**Металлопластиковые баллоны для средств спасения.** Современное состояние дел в промышленности дало возобновлению использования опыта намотки АМ для проектирования и изготовления малогабаритных металлопластиковых баллонов, состоящих из тонкостенной герметичной оболочки (лейнера) и композитного слоя на полимерном связующем, изготавливаемого спирально-кольцевой укладкой АМ [6, 7].

Малогабаритные баллоны высокого давления широко применяются в различных средствах спасения и жизнеобеспечения человека в непригодной для дыхания среде (рис.3). Особенностью баллонов, работающих под давлением длительное время, является требование сохранения ими герметичности. Для создания герметичности был введен слой из металла, но при эксплуатационных нагрузках, за счет циклического нагружения, в нем возникают значительные деформации, приводящие к усталостным разрушениям.

На основе проведенных исследований малогабаритных металлопластиковых баллонов получены следующие результаты:

а) предложена и обоснована новая концепция проектирования металлокомпозитных баллонов высокого давления, основными составляющими которой являются:

- типовые условия эксплуатации изделий;
- основные компоненты технического задания;
- дифференциальный принцип проектирования;
- учет современных и перспективных возможностей технологии формообразования изделий и их составляющих: лейнеров и оболочки из КМ;
- учет эквивалентного деформированного состояния, возникающего в

лейнере малогабаритного баллона;



Рисунок 3. Малогабаритные баллоны в средствах спасения

- принцип достаточности физико-механических характеристик конструкционных материалов для типовых условий эксплуатации малогабаритных баллонов;

б) получена аналитическая зависимость, позволяющая приводить двухосное деформированное состояние лейнера баллона к эквивалентному одноосному на основе равенства энергии деформации, получившая экспериментальное подтверждение с достаточной для целей проектирования точностью;

в) разработан метод оптимального проектирования металлокомпозитных баллонов одноразового использования при кратковременном нагружении, учитывающий основные особенности напряженно-деформированного состояния изделия, реализованный соответствующим программным обеспечением;

г) для металлокомпозитных баллонов длительного хранения под рабочим давлением разработана эффективная модификация метода оптимального проектирования, основанная на учете ползучести и статической усталости армирующего материала в кольцевых и спиральных слоях, позволяющая проектировать изделия минимальной массы с гарантированным сроком хранения под рабочим давлением;

д) для конструктивно-технологических решений баллонов, включающих лейнер в силовую схему, предложена методика оптимального проектирования изделия с кольцевой подмоткой цилиндрической зоны гибридным КМ, ориентированная на оптимизацию изделия по максимальному массовому совершенству или его минимальную стоимость в зависимости от назначения и условий эксплуатации;

е) в процессе экспериментально-теоретических исследований получены зависимости по определению долговечности металлического лейнера в металлопластиковых баллонах высокого давления. Получена модель деформирования конструкции, позволяющая проектировать баллоны с

различной степенью гибридизации композитного слоя минимальной массы и стоимости в зависимости от назначенного ресурса;

ж) реализация методов оптимального проектирования металлокомпозитных баллонов позволила снизить массу изделий в 1,5-2,5 раза по сравнению с металлическими баллонами.

**Оборудование для производства изделий из ПКМ.** Проведенные теоретические и экспериментальные исследования конструкционной прочности АМ в разработанных изделиях, позволили:

- установить конструктивные особенности пропиточно-формующего тракта намоточного станка, существенно влияющих на прочность малогабаритных баллонов высокого давления;

- разработать и рекомендовать критерии оценки технологического совершенства пропиточно-формующих трактов намоточных станков, устанавливающие требования для их проектирования;

- установить, что трансверсальные напряжения в односторонне-армированных слоях, возникающие при нагружении оболочек внутренним давлением, снижают конструкционную прочность АМ до 35 %.

Разработанные узлы для намоточного оборудования (рис.4), пропиточно-формующего тракта (рис.5) намоточного станка и испытательное оборудование (рис.6) обеспечивающие стабильную равнотянутость нитей в ленте, позволило повысить конструкционную прочность АМ до 20% и успешно применить на заводе горноспасательного оборудования «Горизонт» г. Луганск для выпуска малогабаритных баллонов высокого давления.



Рисунок 4. Намоточный станок и шпулярник

**Композитный баллон с пластиковым лейнером на основе наномодифицированного полимерного материала.** Тонкостенный лейнер металлопластикового баллона в настоящее время изготавливается из различных металлов (алюминиевые сплавы, нержавеющие стали, коррозионно не стойкие стали с антикоррозионным покрытием). Опыт эксплуатации таких баллонов показал, что в материале лейнера из-за циклического нагружения, наличия влаги и углекислого газа происходит межкристаллитная коррозия, что приводит к потере герметичности баллона в целом.

Для устранения коррозионных последствий, снижения массы и стоимости была разработана конструкция баллона с пластиковым лейнером, оснастка и технология производства лейнера и композитного баллона в целом. Пластиковый лейнер изготавливается из газонепроницаемой, экологически безопасной пластмассы полиэтиленовой группы Lurolen-4261, а композитная силовая часть баллона формируется спирально-кольцевой намоткой армирующего материала на эпоксидном связующем горячего отверждения.



Рисунок 5. Пропиточно-формующий тракт



Рисунок 6. Стенд испытательный

В настоящее время проводятся экспериментальные работы по изготавлению оболочек высокого давления из полимерного материала с использованием наномодификаторов, так как исследования показали, что при использовании от 0,5 до 1% нанодобавок (аэросил, шунгит, алмазографит) возрастает прочность композита на 15-20% [8, 9].

#### **Список литературы:**

1. Рач В.А. Создание корпусов малогабаритных РДТТ одноразового и кратковременного действия из армированных пластиков: Дис. д-ра техн. наук. /В.А. Рач Луганский машиностроительный институт - Харьков, 1992. - 444с.
2. Ивановский В.С. Технологические способы повышения прочности малогабаритных оболочек давления летательных аппаратов на основе

органоволокон. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. Наук/ В.С. Ивановский  
Луганский машиностроительный институт. Харьков, ХАИ, 1987. - 176 с.

3. Малков И.В. Научные основы технологии формообразования  
намоткой углепластиковых элементов ферменных конструкций космических  
аппаратов. Дис., докт. техн. наук: 05.07.02. /И.В. Малков Луганский  
национальный университет.-Луганск, 2001. - 464 с.

4. Сироткин О.С. Формообразование намоткой корпусных  
конструкций ЛА сложной формы из композиционных материалов / О.С.  
Сироткин, В.С. Боголюбов, И.В. Малков, Г.В. Сыровой // Авиационная  
промышленность. 2016. № 4. - С. 29-35.

5. Дмитриев О.С. Малков И.В.. Сыровой Г.В. Моделирование  
процесса и расчет режима термообработки намотанных трубчатых элементов  
из углепластика /О.С. Дмитриев, И.В. Малков, Г.В. Сыровой // В сб.:  
Современные твердофазные технологии: теория. практика и инновационный  
менеджмент. Материалы VIII Международной научно-инновационной  
молодёжной конференции. Тамбов. 27-28 октября 2016 г. - С. 335-337.

6. Могильный Г.А. Совершенствование технологической подготовки  
производства элементов конструкций летательных аппаратов из  
композиционных материалов, изготавливаемых методом намотки: Дис., канд.  
техн. наук: 05.07.04./Г.А. Могильный, Луганский национальный университет,  
Луганск-1998. -210 с.

7. Ивановская О.В. Методы проектирования металлокомпозитных  
баллонов высокого давления для систем летательных аппаратов и  
конверсионного назначения. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / О.В.  
Ивановская, Национальный аэрокосмический университет (ХАИ) - Харьков,  
2002. - 160 с.

8. Сыровой, Г.В. Технологическое обеспечение повышения качества  
производства малогабаритных корпусов из композиционных материалов: дисс.  
на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. /Г.В. Сыровой. Луганский национальный  
университет им. Владимира Даля. – Донецк, 2018. – 209 с.

9. Малков И.В. Макухин А.Г. Сыровой Г.В. Механизм модификации  
наночастицами полимерных композитов на основе эпоксидной матрицы / И.В.  
Малков, А.Г. Макухин, Г.В. Сыровой// Вестник Тамбовского государственного  
технического университета. 2016. Т. 22. № 1,-С. 98-107.