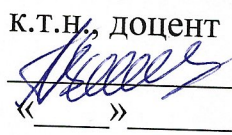


**МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ**

Академия Государственной противопожарной службы

Согласовано:


Заместитель начальника учебно-научного комплекса пожаротушения-начальник кафедры пожарной тактики и службы полковник внутренней службы
к.т.н., доцент


П.В. Ширинкин
2024 г.

Утверждаю:

Заместитель начальника Академии по научной работе
д.т.н., профессор




М.В. Алешков
2024 г.

ПРОТОКОЛ

проведения экспериментальных исследований по возможности применения современных технических устройств (экзоскелетов) пожарными при выполнении тяжелых видов работ (связанных с подъемом и переносом тяжестей, работой в условиях непригодной для дыхания среды и иными видами работ)

Результаты испытаний распространяются только на изделия, подвергнутые испытаниям.

г. Москва – 2024 г.

Объектом исследования является получение данных о физических возможностях пожарных, с различными антропометрическими показателями, при выполнении тяжелых видов работ с использованием современных технических средств -экзоскелетов.

Цель исследования: определить возможность применения экзоскелетов для выполнения перечня различных задач (в том числе по переносу пожарно-технического оборудования, прокладке магистральной линии к месту условного пожара, уборке рукавов способом «гармошка» и иных видов тяжелых физических работ, связанных с тушением пожаров и проведении аварийно-спасательных работ).

Для достижения цели в работе ставились и решались следующие **задачи:**

I этап:

1.Определение возможностей пожарных, с различными антропометрическими данными, по переносу пожарно-технического вооружения на установленные расстояния по ровной земной поверхности (оценка тяжести трудового процесса).

2.Определение возможностей пожарных, с различными антропометрическими данными, по транспортировке пострадавшего (манекена) при проведении специальных работ по спасению людей на пожаре.

3.Определение возможностей пожарных, с различными антропометрическими данными, по уборке рукавов способом «гармошка»

II этап:

1.Проведение вышеуказанных действий при использовании промышленных экзоскелетов.

2.Оценка пожарными эргономики экзоскелета при выполнении поставленных задач, с учетом его надевания поверх боевой одежды пожарного.

3.Выявить недостатки применения экзоскелетов и предложить пути их дальнейшего совершенствования.

Место проведения испытаний: Местом проведения экспериментов являются учебно-тренировочные объекты ФГКУ «Ногинский ордена Жукова спасательный центр МЧС России» (г. Ногинск).

Испытательное оборудование представлено в таблице 1.

Таблица 1.– Испытательное оборудование

Наименование оборудования	Назначение	Количество
<p data-bbox="252 286 584 320">ЭКЗОСКЕЛЕТ X-SOFT</p> 	<p data-bbox="727 293 1374 1003">Экзоскелет X-SOFT предназначен для поднятия и переноса грузов, работ с активными наклонами или с длительным нахождением в наклонном положении. За счет инженерно-технических решений система эргономично перераспределяет нагрузку и компенсирует до 40% веса поднимаемого груза. Конструкция включает в себя гибкое основание повышенной прочности, распределенную систему эластомеров и корсетную часть, предназначенную для дисциплинирующего воздействия на осанку и повышения безопасности труда. Компрессионное воздействие на позвоночник во время использования экзоскелета X-SOFT исключено</p>	<p data-bbox="1417 293 1481 327">3 ед.</p>
<p data-bbox="256 1037 576 1070">Экзоскелет «Муравей»</p> 	<p data-bbox="727 1043 1374 1704">Экзоскелет «Муравей» предназначен для снижения нагрузки на мышцы верхней части торса при ношении экипировки и снаряжения. Особенности модели:</p> <ul data-bbox="727 1189 1374 1491" style="list-style-type: none"> - с эффективностью в 25-30 % снижается преждевременное появление усталости от переноса тяжестей на торсе; - с эффективностью до 90 % снижает давление ремней обвеса, нарушающих кровообращение и вызывающее болевые ощущения; - с эффективностью до 70 % снижает вертикальную компрессию позвоночника; <p data-bbox="727 1536 1374 1704">Обеспечивает дополнительную защиту спины от механических повреждений. Наполнитель из нейлоновой 3D -сетки с гипоаллергенными и антибактериальными свойствами обладает высокой воздухопроницаемостью.</p>	<p data-bbox="1417 1043 1481 1077">2 ед.</p>

<p>Секундомер механический</p> 	<p>Секундомеры позволяют фиксировать время начала и окончания эксперимента, а также измерять промежутки времени между ключевыми этапами.</p>	<p>1 ед.</p>
<p>Динамометр становой тяги</p> 	<p>Динамометр становой ДС-500 предназначен для определения силы и статической выносливости мышц разгибателей туловища для определения их состояния и работоспособности. Обеспечивает высокую точность измерений, возможность получения как фиксированных, так и нефиксированных показаний. Динамометр позволяет наблюдать с помощью специального зеркала за величиной измеряемого усилия. Становой динамометр применяют в ортопедических клиниках при проведении лечебной физкультуры; в спортивных учреждениях при обследовании и отборе спортсменов; в области физиологии труда при обследовании рабочих; в неврологических клиниках; научно-исследовательских лабораториях.</p>	<p>1 ед.</p>

В период с 08-11 октября 2024 года профессорско-преподавательским составом кафедры учебно-научного комплекса пожаротушения, совместно с фирмой разработчиком экзоскелетов - ООО «Экзорайз», проведены комплексные экспериментальные исследования по возможности применения экзоскелетов промышленного производства X-SOFT «Черепаша» и «Муравей» пожарными при выполнении тяжелых видов работ (рисунок 1.)

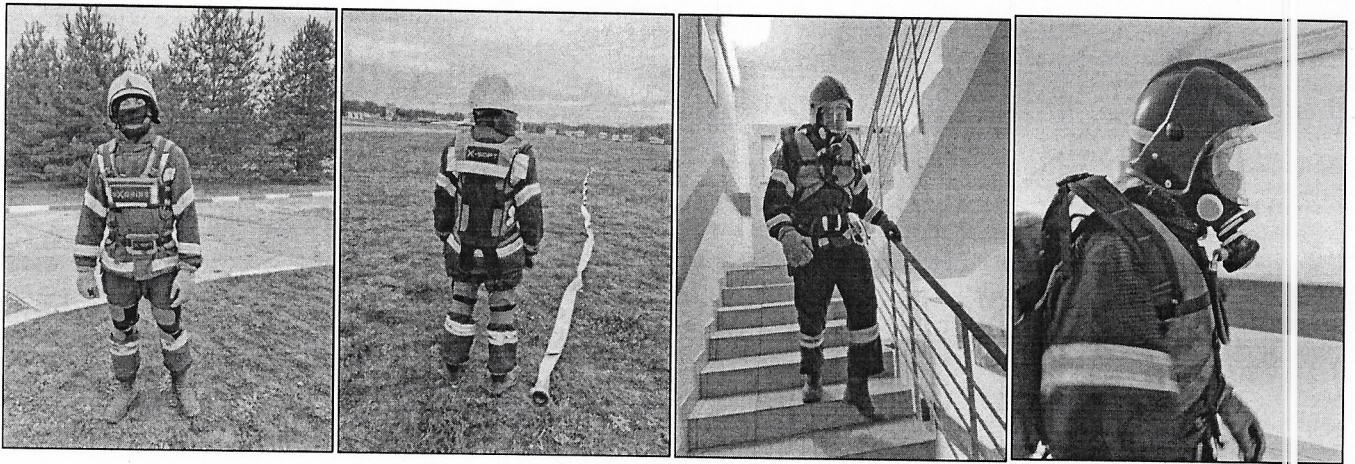


Рисунок 1. Экзоскелеты промышленного производства X-SOFT «Черепаша» и «Муравей» (вид слева-направо)

Фирма - разработчик экзоскелетов X-SOFT «Черепаша» и «Муравей» представили характеристики разработок, согласно которым:

- экзоскелет X-SOFT «Черепаша» предназначен для поднятия и переноса грузов, работ с активными наклонами или с длительным нахождением в наклонном положении. За счет инженерно-технических решений система эргономично перераспределяет нагрузку и компенсирует до 40% веса поднимаемого груза. Конструкция включает в себя гибкое основание повышенной прочности, распределенную систему эластомеров и корсетную часть, предназначенную для дисциплинирующего воздействия на осанку и повышения безопасности труда. Компрессионное воздействие на позвоночник во время использования экзоскелета X-SOFT исключено. Виды работ: погрузочно-разгрузочные, такелажные, сварочные, ремонтные, строительные, горные, монтажные, работы на конвейере и др. Особенности модели: огне-нефте-масло-кислотостойкие высокопрочные материалы, усиленные каркас и узлы.

В таблице 2 представлены характеристики экзоскелета X-SOFT «Черепаша»

Таблица 2.

Характеристики экзоскелета X-SOFT «Черепаша»

Показатель	Значение
Тип экзоскелета	Пассивный
Компенсация веса поднимаемого груза	до 40%
Вес изделия	2,9 кг
Размер	Универсальный

В настоящее время экзоскелеты такого типа применяются вооруженными силами РФ в зоне проведения специальной военной операции на Украине в подразделениях тылового и технического обеспечения при выполнении процессов по обеспечению подразделений боеприпасами, воено-техническим имуществом, восстановлением техники при подъеме и переносе тяжестей, в том числе запасных частей.

- экзоскелет «Муравей» предназначен для снижения нагрузки на мышцы верхней части торса при ношении экипировки и снаряжения. Особенности модели: с эффективностью в 25-30 % снижается преждевременное появление усталости от переноса тяжестей на торсе;

с эффективностью до 90 % снижает давление ремней обвеса, нарушающих кровообращение и вызывающее болевые ощущения;

с эффективностью до 70 % снижает вертикальную компрессию позвоночника.

Обеспечивает дополнительную защиту спины от механических повреждений. Наполнитель из нейлоновой 3D -сетки с гипоаллергенными и антибактериальными свойствами обладает высокой воздухопроницаемостью. В таблице 3 представлены основные характеристики экзоскелета «Муравей»

Таблица 3

Характеристики экзоскелета «Муравей»

Показатель	Значение
Вес экзоскелета	1,4 кг
Жесткая опора спины толщиной	3,1мм из 6 слоев углеволокна
Нагрузка	до 20 кг*
Размер	Универсальный
Габариты в сложенном состоянии	700x470x150мм

На продукцию ООО «Экзорайз» получены сертификаты соответствия в области медицины, метрологии и сертификации продукции.

Для проведения экспериментальных исследований привлекались курсанты 1 курса, в том числе имеющие опыт работы в подразделениях пожарной охраны и ранее работавшие в дыхательных аппаратах в условиях воздействия непригодной для дыхания среды при пожарах и один курсант, проходивший службу по контракту в зоне СВО.

Все виды экспериментальных исследований проводились в боевой одежде пожарных, средствах защиты рук, ног, головы (в том числе подшлемнике), поясе пожарном спасательном с карабином.

На первом этапе экспериментальных исследований участники эксперимента продемонстрировали становую тягу без применения экзоскелета и с его использованием с промежуточным отдыхом.

Результаты эксперимента фиксировались становым динамометром. В таблице 4 представлены участники экспериментальных исследований, с указанием возраста и антропометрических данных и результатов фиксации становой тяги.

Таблица 4

Данные физического развития лиц, участвующих в проведении экспериментальных исследований

№ п/п	Лица, привлекаемые для проведения испытаний	Рост (см)	Вес (кг)	Возраст	№ становая тяга	№ становая тяга (с применением экзоскелета)
Учебная группа 2224						
1	Зайцев Д.А.	175	69	17	114	121
2	Кавас М.В.	174	72	18	192	265
3	Поствайкин Р.А.	177	76	18	154	182
4	Усманов Р.К.	187	76	18	138	178
5	Кончаков А.А.	190	80	17	158	200
Учебная группа 2324						
6	Пихтуров Д.Д.	176	67	18	82	96
7	Рогов А.М.	174	77	17	125	145
8	Калашников А.В.	189	93	17	118	128
9	Борисов Д.С.	180	105	18	113	148
10	Жуков В.В.	181	84	18	140	180
Учебная группа 1524						
11	Дзотов Д.К.	185	80	21	150	158
12	Чемоданов М.Р.	171	70	17	115	128
13	Парахин С.А.	177	67	18	134	171
14	Ширжевич И.А.	179	88	18	160	200
15	Цветков А.А.	181	74	17	95	106
Учебная группа 2124						
16	Николаев Н.А.	176	64	18	140	169
17	Пеструев Р.Р.	183	91	17	110	128
18	Мирошниченко А.О.	177	76	24	155	200
19	Петров В.П.	183	83	23	150	204
20	Потапов М.Р.	177	77	17	125	148

На рисунке 2 представлены участники экспериментальных исследований, измеряющих становую тягу, с применением экзоскелетов.

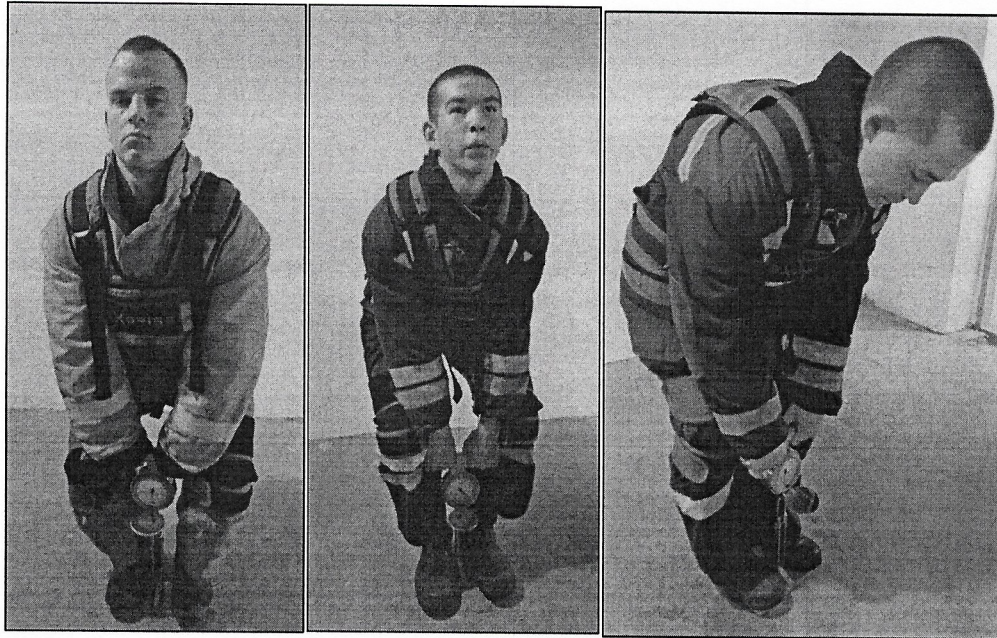


Рис.2 Измерение участниками экспериментальных исследований становой тяги с применением экзоскелета X-SOFT «Черепаша» с применением динамометра станового ДС-100

После снятия показаний становой тяги участникам было предложено проверить удобство передвижения в экзоскелетах, при работе в дыхательном аппарате, при переноске пострадавших, при подъеме и спуске по маршевым лестничным клеткам.

После выполнения вышеуказанных действий опрос участников показал следующее:

- удобство работы в экзоскелете «Муравей», с дыхательным аппаратом, расположенным поверх экзоскелета. Со слов участника, при применении экзоскелета «Муравей» идет разгрузка плечевого пояса при работе в положении стоя, сидя. Также при переносе пострадавшего идет равномерная нагрузка, распределяемая по всему телу. Участники экспериментов отмечали удобство ношения экзоскелета поверх боевой одежды, быструю индивидуальную подгонку оборудования и возможный диапазон использования для людей различной комплекции.

На рисунке 3 представлены основные этапы проведения исследований по удобству работы в экзоскелете «Муравей».

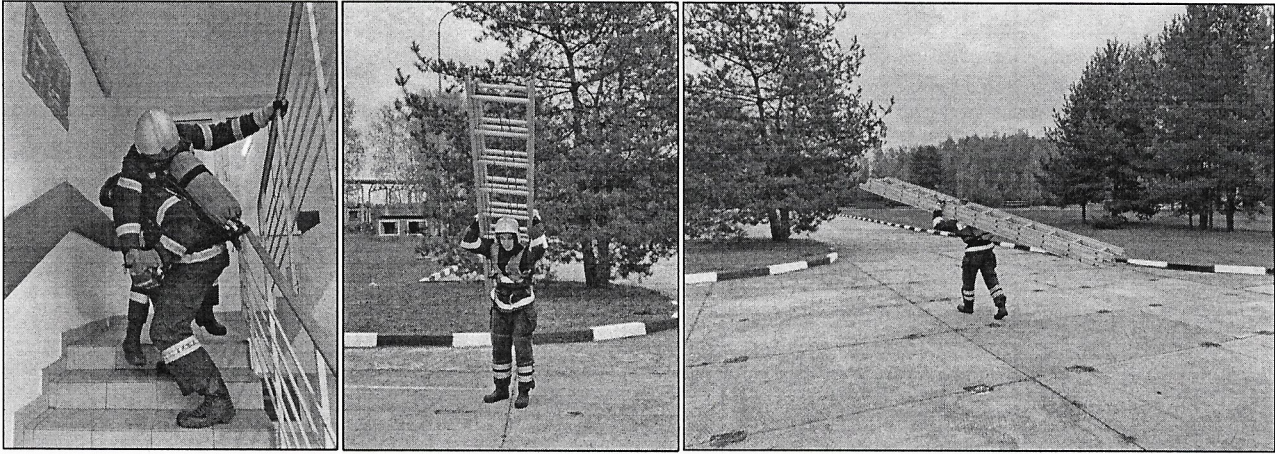


Рис. 3 Отработка различных упражнений и определение удобства работы в экзоскелете «Муравей»

- передвижение в экзоскелете X-SOFT «Черепаша» по прямой поверхности, по лестничным маршам с первого по четвертый этаж на спуск и подъем. Опрос участников эксперимента показал, что с применением данного типа экзоскелета, спуск и подъем по лестничным маршам жилого здания легче чем без него, активно помогают крестообразные растягивающие резинки, закрепленные за наколенники и сам экзоскелет. Подпружинивание помогает подъему по лестничным маршам. На рисунке 4 показан спуск участника эксперимента по маршевой лестнице с 4-го этажа.

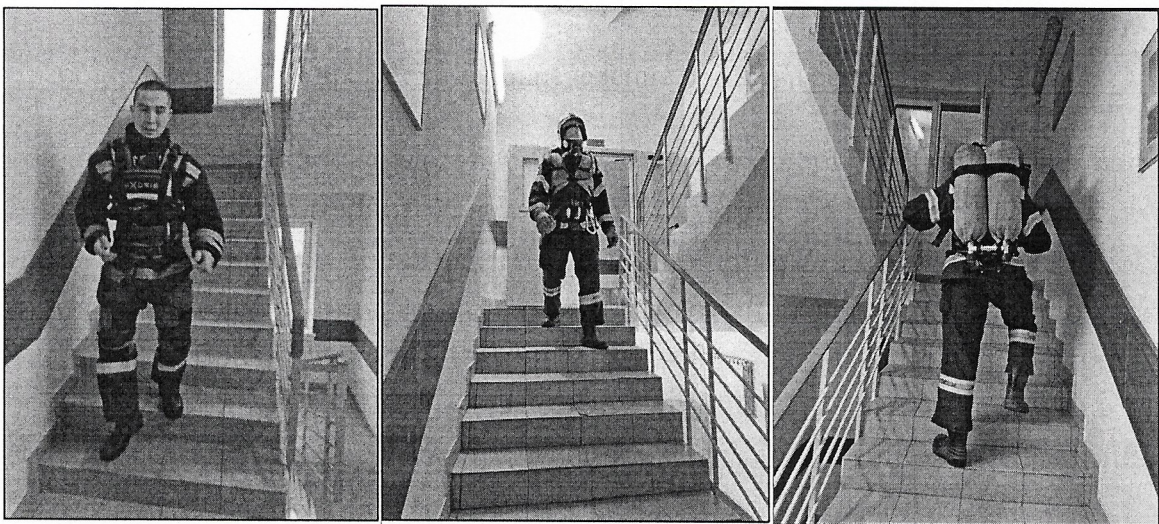


Рис. 4. Оценка удобства использования экзоскелета при подъеме и спуске по лестничным маршам жилого здания.

Выводы: При анализе полученных данных таблицы 2 необходимо отметить увеличение физических возможностей лиц, участвующих в экспериментальных исследованиях при измерении становой тяги с использованием экзоскелетов «Черепаша». При этом диапазон увеличения физических возможностей при использовании экзоскелетов лежит в пределах от 10-30 %.

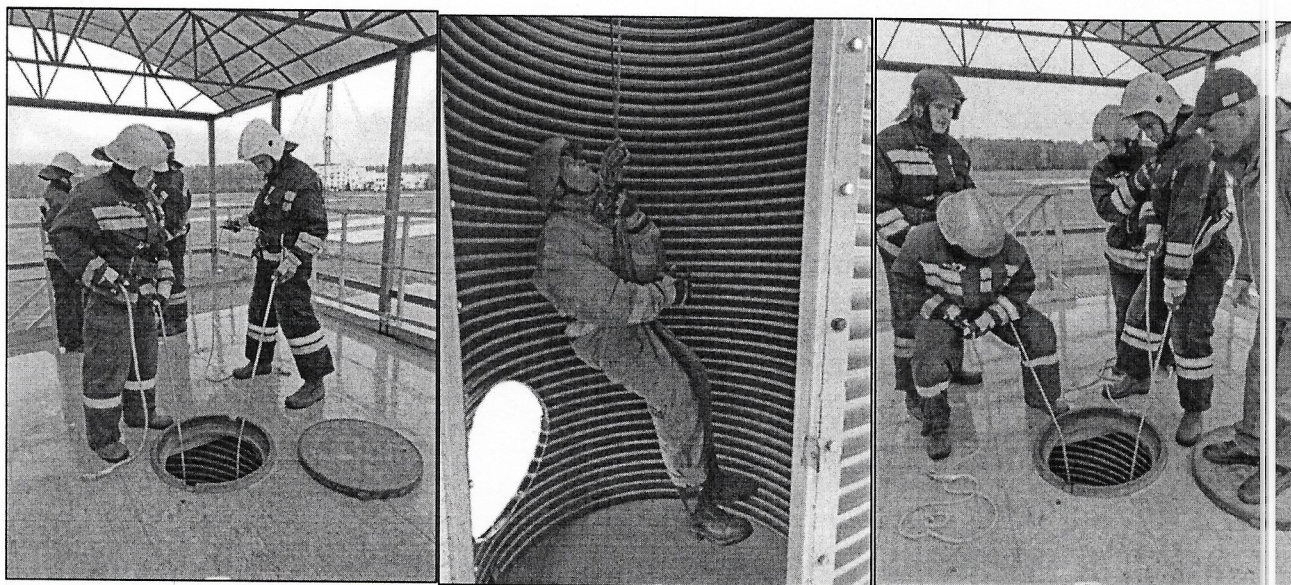
Наряду с увеличением показателей становой тяги участники экспериментов отмечают удобство использования экзоскелетов и равномерное распределение нагрузки по всему телу человека, что в итоге дает более длительную выносливость при выполнении определенных видов работ.

Участники экспериментов отмечали удобство ношения экзоскелета поверх боевой одежды, быструю индивидуальную подгонку оборудования и возможный диапазон использования для людей различной комплекции.

В процессе проведения экспериментов по возможностям применения экзоскелетов при выполнении различных видов работ пожарными отмечено следующее:

Проведены экспериментальные исследования по спасению человека из колодца силами двух пожарных. Упражнение было отработано в двух вариантах: без использования экзоскелета и с его применением. В экспериментальных исследованиях принимали участие 3 человека, один из которых выполнял роль спасаемого. С помощью двойной спасательной петли в колодце закрепляли пострадавшего и два человека попеременно с использованием пожарных карабинов и веревки выполняли его подъем, приседая и выпрямляясь во весь рост.

На рисунке 5 представлены основные этапы проведения эксперимента. Для выполнения упражнения был задействован учебный модуль «Колодец», расположенный на учебно-тренировочной площадке полигона.



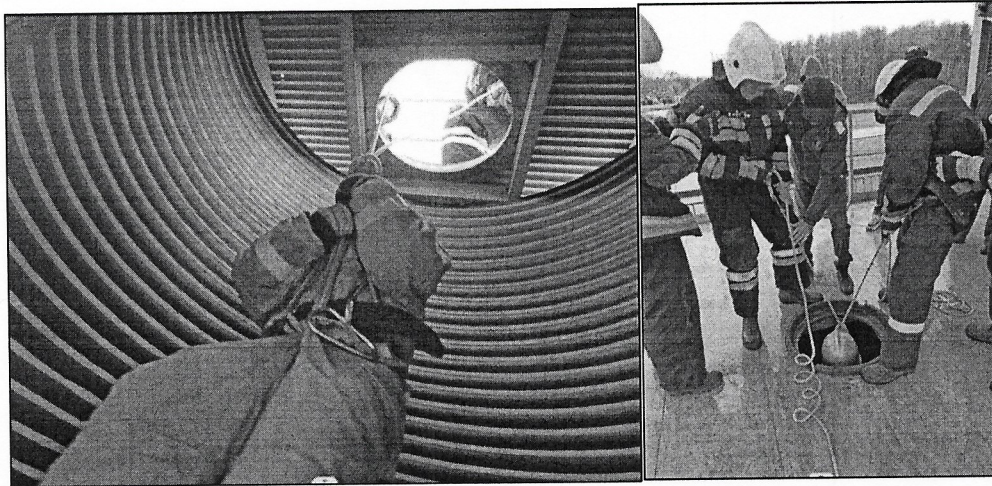


Рис. 5 Спасение человека из колодца, путем его подъема двумя пожарными с использованием двойной спасательной петли.

На рисунке 6 представлены основные этапы отработки эксперимента с использованием экзоскелета «Черепаша». Необходимо отметить, что для оценки удобства работы в экзоскелетах первой паре пожарных было предложено первый раз осуществить подъем пострадавшего без экзоскелета, а в следующий раз с его использованием, а другой паре пожарных наоборот, сначала с использованием экзоскелетов, а потом без их использования.



Рис.6 Основные этапы отработки эксперимента по спасению человека из колодца путем его подъема с использованием экзоскелета «Черепаша»

Выводы по эксперименту: При подъеме спасаемого без использования экзоскелета участники эксперимента отмечают опоясывающую боль от пожарной веревки, которую попеременно протягивают через карабин, осуществляя подъем пострадавшего. Веревка периодически слетает с пояса и врезается в тело, вызывая болевые ощущения. При использовании экзоскелета, веревка упирается в его каркас,

не причиняя неудобств. Обе пары пожарных, попеременно проводящих экспериментальные исследования без использования экзоскелетов и с их применением, отмечают их помощь в распределении нагрузки на тело человека и в целом облегчение процесса работы по подъему пострадавшего из колодца.

В период испытаний была проведена серия экспериментов:

- по транспортировке рукавов магистральной линии, условным диаметром 77 мм, наполненных водой (рис.7).

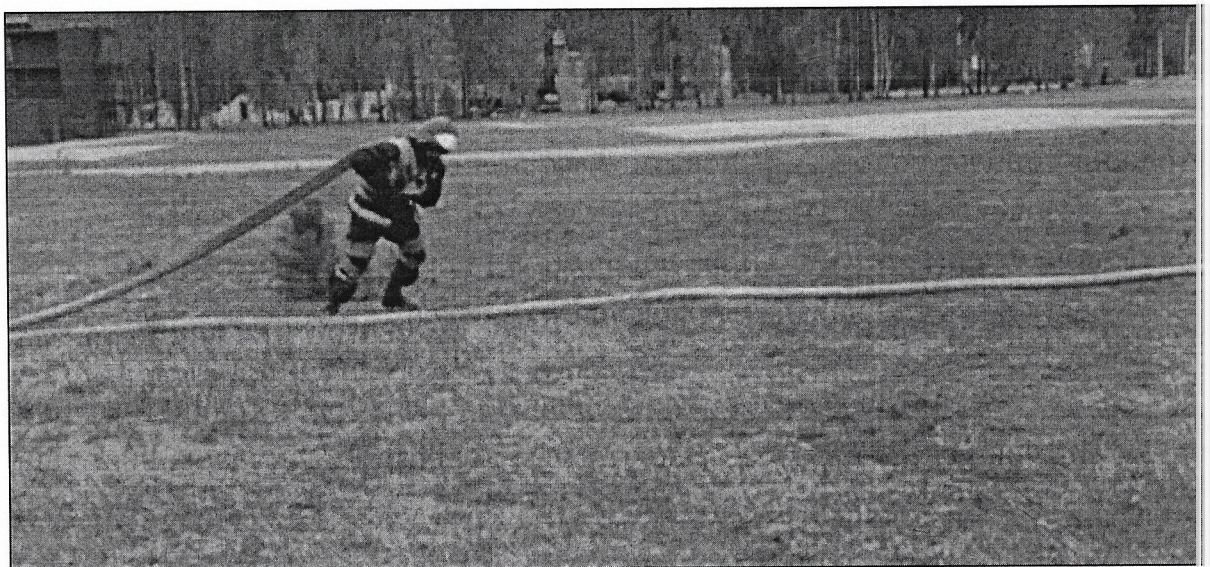


Рис. 7. Транспортировка рукавов магистральной линии, условным диаметром 77 мм, наполненных водой.

Участвовавшие в проведении эксперимента пожарные без экзоскелета и с его применением отметили удобство работы в экзоскелете «Черепаша» и меньшую усталость при его применении:

- сбор рукавов магистральной линии с остатками воды методом «Восьмерка» рис. 8

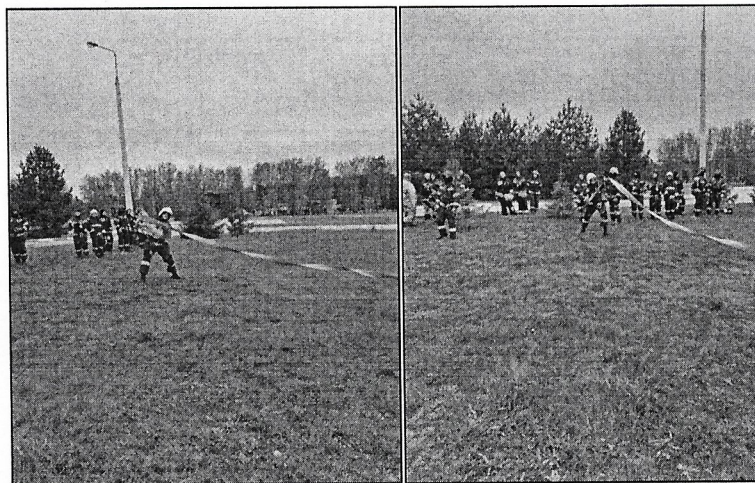


Рис.8. сбор рукавов магистральной линии с остатками воды методом «Восьмерка»

Участниками эксперимента отмечено, что при использовании экзоскелетов усталость наступает позднее, повышается выносливость, разгружается плечевой отдел, нагрузка от выполнения работы по сбору рукавов равномерно распределяется по всему телу человека.

- переноска пострадавшего на спине (рисунок 9);



Рис.9. Переноска пострадавшего на спине с использованием экзоскелета

Участники экспериментов отмечают меньшую усталость при выполнении работ по переноске пострадавших, а также повышенную скорость при выполнении работ.

- подъем 2-х «мокрых» рукавов пожарных с условным диаметром 77 мм и манекена на 4 этаж административного здания (рисунок 10)

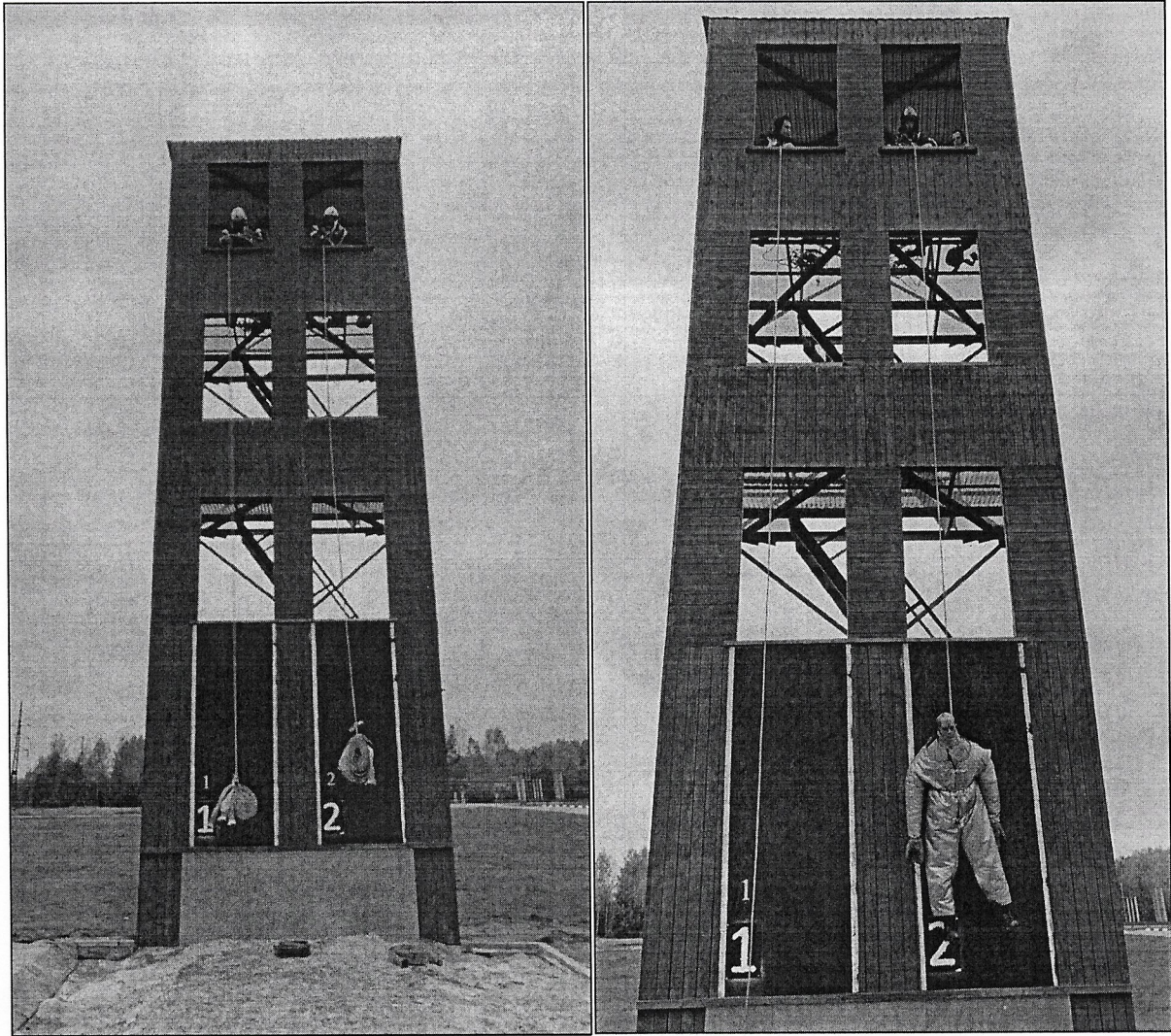


Рис.10 Подъем 2-х «мокрых» рукавов пожарных с условным диаметром 77 мм и манекена на 4 этаж административного здания

Мнения у участников экспериментальных исследований различные. В целом необходимо отметить, что поднимать груз с использованием экзоскелета легче, а спускать вниз груз с применением технических устройств не составляет труда, в сравнении без их использования. После выполнения работ ЧСС возросла в среднем до 20 ударов/мин. При подъеме манекена и его спуске показатели лиц, участвующих в экспериментальных исследованиях аналогичные.

- перенос и установка выдвижной пожарной лестницы и осуществление подъема по ней (рисунок 11)

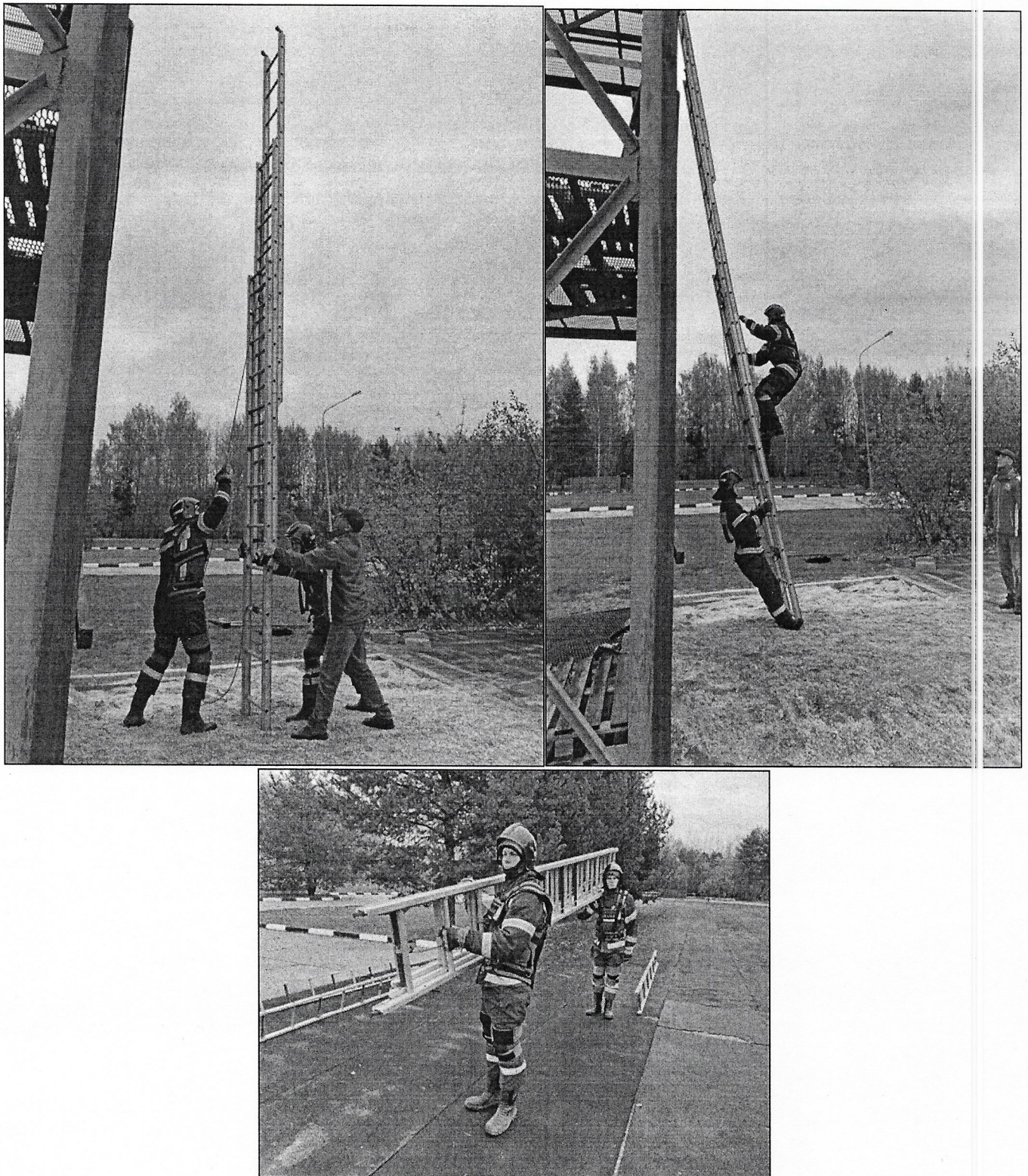


Рис.11. Перенос и установка выдвижной пожарной лестницы и осуществление подъема по ней.

Основные выводы по эксперименту: устанавливать трехколенную лестницу с помощью выдергивания лестницы за веревку незначительно легче в экзоскелете, чем без его использования. Подниматься по лестнице в экзоскелете крайне неудобно, однако спускаться намного легче. Исходя из этого можно сделать вывод о использовании экзоскелетов при спасении людей с этажей горящих зданий.

- подъем и спуск по лестничным маршам в дыхательном аппарате со сжатым воздухом с пострадавшим, пожарными рукавами, резервными баллонами и другим пожарно-техническим вооружением (рисунок 12).

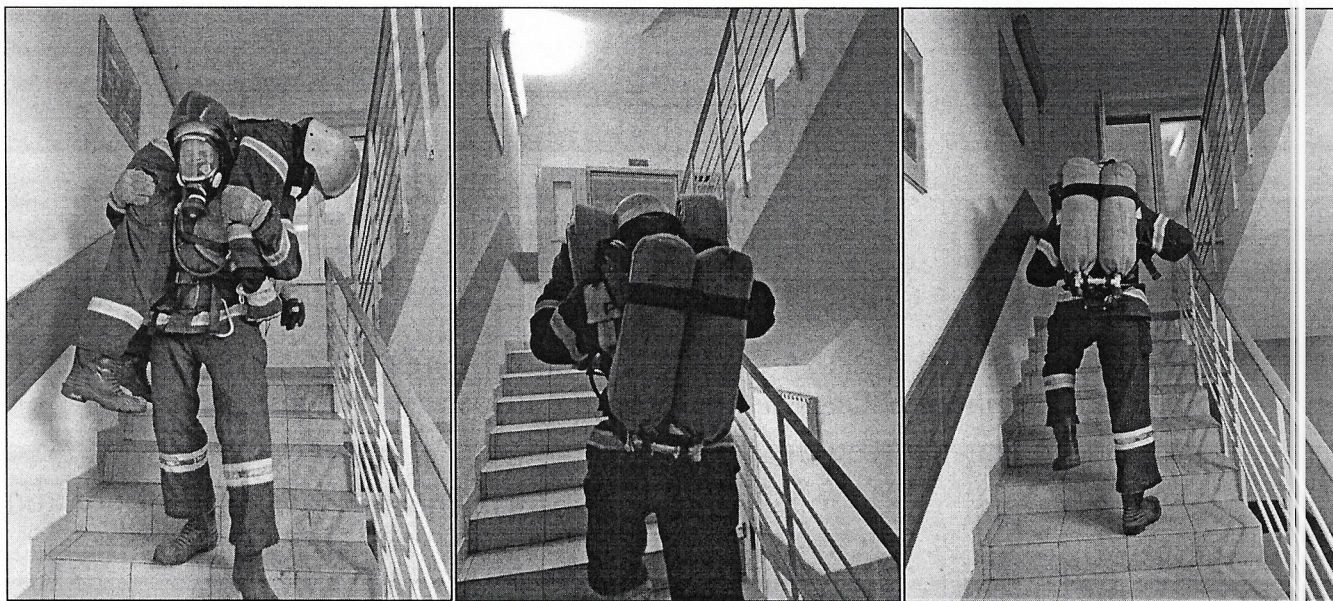


Рис.12 Подъем и спуск по лестничным маршам в дыхательном аппарате со сжатым воздухом с пострадавшим, пожарными рукавами, резервными баллонами

Участники экспериментальных исследований подтверждают удобство пользования экзоскелета «Черепаша» при выполнении работ по подъему пожарно-технического вооружения по лестничным маршам наряду с повышением выносливости и более длительной работой.

Заключение

Проведенные совместные экспериментальные исследования Академии ГПС МЧС России с фирмой-разработчиком экзоскелетов ООО «Экзорайз» по возможности применения пассивных экзоскелетов пожарными при выполнении отдельных видов работ показали следующее:

Экзоскелеты целесообразно применять при выполнении тяжелых видов работ, связанных с подъемом пожарно-технического вооружения на высотные здания по лестничным маршам, переносу и передвижению тяжестей, монотонной тяжелой работе по переносу мешков с песком для строительства дамб ручным способом, сборке мокрых рукавов типом «Восьмерка», подъему пострадавших, спасению из колодцев, спасению людей с этажей при возникновении пожаров и иных видов работ, связанных с большими энергозатратами пожарных.

Полагаем целесообразным проведение опытной эксплуатации экзоскелетов двух видов «Черепаша» и «Муравей» в действующих пожарно-спасательных подразделениях МЧС России.

Замечания и дополнения, выявленные в ходе проведения испытаний:

В связи с тем, что отдельные виды работ пожарных связаны с влиянием опасных факторов пожара (открытое пламя, искры, повышенная температура окружающей среды), необходимо уточнить показатели экзоскелетов по термостойкости.

Проведенные экспериментальные исследования не в полной мере отразили ресурс кратности использования экзоскелетов (периодичность замены растягивающих элементов).


Полагаем целесообразным провести испытания экзоскелетов в условиях воздействия низких температур для изучения поведения растягивающих элементов и углеволокон в вышеуказанных условиях.

Отмечена необходимость отработки навыка самостоятельного надевания и подгонки экзоскелета.

Подготовили:

Профессор кафедры пожарной тактики и службы
(в составе УНК пожаротушения), к.т.н.

« 15 » ноября 2024

 И.С.Фоглев