

На правах рукописи

РАГУЗИН

Евгений Вячеславович

**ВЛИЯНИЕ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ БРОНЕЗАЩИТЫ
НА БЕЗОПАСНОСТЬ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ**

05.26.02 – безопасность в чрезвычайных ситуациях

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени

кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном военном образовательном учреждении высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации

Научный руководитель:

Логаткин Станислав Михайлович - доктор медицинских наук доцент

Официальные оппоненты:

Бубеев Юрий Аркадьевич - доктор медицинских наук профессор, ФГБУН Государственный научный центр Российской Федерации «Институт медико-биологических проблем РАН», ведущий научный сотрудник, заведующий отделом психологии, нейрофизиологии и психофизиологии деятельности операторов

Ханкевич Юрий Ришардович - доктор медицинских наук, войсковая часть 45707, помощник командира войсковой части 45707 по медико-биологическим проблемам

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил» Министерства обороны Российской Федерации Научно-исследовательский испытательный центр (авиационно-космической медицины и военной эргономики)

Защита диссертации состоится 14 июня 2018 года в 15:00 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 205.001.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова» Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, дом 4/2)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины имени А.М. Никифорова» Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий по адресу: 197374, Санкт-Петербург, ул. Оптиков д. 54 и на сайте <http://www.nrserm.ru>.

Автореферат разослан «___» _____ 2018 года

**Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат медицинских наук**

Санников Максим Валерьевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования.

Исследование проблем защиты, а также разработка научных основ принципов, способов и средств коллективной и индивидуальной защиты от различных поражающих факторов источников чрезвычайных ситуаций являются одним из важных разделов научной специальности 05.26.02 – безопасность в чрезвычайных ситуациях [паспорт научной специальности 05.26.02]. Данные вопросы крайне актуальны для обеспечения эффективной военно-профессиональной деятельности антитеррористических подразделений с использования современной боевой экипировки военнослужащих [Большаков А.Г., 2008; Lunze К., 2009].

Немаловажными факторами при решении учебно-боевых задач являются физическая работоспособность военнослужащих и боеспособность подразделений. В связи с этим, требуется обеспечить не только высокий уровень защиты военнослужащих в условиях применения средств индивидуальной бронезащиты (СИБ), но и минимизировать негативные эффекты, препятствующие активным тактическим действиям [Фалеев М.И., 2003; Чиж И.М., 2010; Борисов Д.В., 2016; Leaning J., 2011]. Мобильность и высокий уровень работоспособности военнослужащих, наряду с противопульной и противоосколочной стойкостью СИБ являются своеобразной формой защиты (обеспечения «активной» безопасности), сокращая время нахождения в опасной ситуации [Vlasman В., 2004].

В настоящее время завершено создание боевой экипировки военнослужащих второго поколения, усовершенствованы средства индивидуальной бронезащиты для военнослужащих Сухопутных войск, береговых войск ВМФ, ВДВ и Сил специальных операций. Однако результаты научно-технического прогресса, наряду с положительными элементами, неизбежно влекут и отрицательные последствия. Так, увеличение защитных свойств СИБ приводит к увеличению их массогабаритных характеристик, что предопределяет неблагоприятный эффект в отношении физической работоспособности военнослужащих при решении учебно-боевых задач в экстремальных условиях [Логаткин С.М., 2009; Сокуров А.В., 2013; Осыко М.В., 2015 и др.]. Между тем, оценка влияния СИБ на показатели физической работоспособности не носит системный характер, что не позволяет проводить научный анализ как современных, так и перспективных образцов СИБ в системе «человек – СИБ – окружающая среда».

Таким образом, настоящее исследование приобретает особую значимость в интересах формирования модели войсковых испытаний экипировки и средств индивидуальной бронезащиты в условиях специально организованного полигонного комплекса. Медико-техническая оценка, а также обоснование эргономических требований к СИБ необходимы на этапах разработки, проектирования, испытания и эксплуатации элементов боевой экипировки военнослужащих. Актуальность темы подтверждается ограниченным числом современных подходов к оценке соответствия элементов экипировки биомеханическим требованиям. Исходя из вышеизложенного, данное направление исследований представляется весьма актуальным.

Степень разработанности темы исследования.

Исследования, посвящённые изучению влияния СИБ на функциональное состояние организма и работоспособность военнослужащих, немногочисленны. Изучение влияния бронезилов, разработанных в 80-х годах прошлого столетия (6Б2, 6Б3-Т, 6Б3-ТМ01 и др.), на работоспособность военнослужащих проведено В.Н. Александровым (1986). В работе

А.А. Власова (2001) изучалось преимущественно влияние бронежилета на термофизиологические показатели военнослужащих при проведении испытаний в климатических камерах, по результатам которого предложены конструкции вентиляционно-амортизирующих прокладок, способствующих оптимизации теплового состояния пользователей. Исследования А.А. Сокурова (2013) отражают влияние массы экипировки на работоспособность военнослужащих в целях снижения вероятных санитарных и безвозвратных потерь при ведении боевых действий.

Несмотря на имеющиеся работы по данной тематике, исследования СИБ из состава экипировки второго поколения, содержащих кроме усовершенствованных бронежилетов, бронешлемы, комплект защиты суставов, боевые нагрудники защитные не проводились. Не исследовалось влияние современных СИБ на объём движений в суставах и безопасность военнослужащих.

Целью работы является оценка влияния современных средств индивидуальной бронезащиты на основные характеристики обеспечения «активной» безопасности военнослужащих – функциональное состояние организма и физическую работоспособность в условиях моделирования военно-профессиональной деятельности.

Задачи исследования:

1. Оценить влияние современных средств индивидуальной бронезащиты на амплитуду движений в крупных суставах конечностей, а также туловища.

2. Исследовать влияние применения средств индивидуальной бронезащиты на физическую работоспособность и безопасность военнослужащих при выполнении типовых учебно-боевых и специальных задач.

3. Провести оценку влияния средств индивидуальной бронезащиты на функциональное состояние организма военнослужащих в лабораторных и натуральных условиях.

4. Обосновать практические рекомендации, направленные на повышение работоспособности и безопасности военнослужащих при выполнении учебно-боевых и специальных задач в современных средствах индивидуальной бронезащиты.

Научная новизна исследования заключается в том, что решена научная задача по обоснованию комплекса мероприятий, направленных на совершенствование медико-технических (эргономических) свойств средств индивидуальной бронезащиты на этапах их разработки и испытаний, а также их реализации при корректировке методик оценки боевой индивидуальной экипировки. Доказано, что в условиях субмаксимальных физических нагрузок возможность выполнения интенсивной работы в СИБ ограничивается возможностями сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма военнослужащих.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в том, что впервые:

- проведена комплексная научная оценка влияния средств индивидуальной бронезащиты из состава боевой индивидуальной экипировки второго поколения на физическую работоспособность и функциональное состояние организма военнослужащих;

- установлены наиболее значимые критерии влияния СИБ на физическую работоспособность военнослужащих, которые позволяют использовать их в качестве основных при разработке новых образцов;

- установлены эксплуатационные недостатки СИБ и даны предложения по их устранению;

- сформулированы перспективные направления развития (совершенствования) средств индивидуальной бронезащиты;

- внесены предложения в область медико-технических требований к средствам индивидуальной бронезащиты и организации учебно-боевой деятельности военнослужащих;

- сформирована методическая основа для оценки физической работоспособности военнослужащих при выполнении учебно-боевых задач в современных средствах индивидуальной бронезащиты, что позволит сохранить здоровье военнослужащих различной ведомственной принадлежности.

Методология и методы исследования.

Методологическую основу исследования составили фундаментальные научные разработки и прикладные исследования отечественных и зарубежных учёных в отношении проблематики военно-профессиональной работоспособности военнослужащих при выполнении учебно-боевых задач.

Планирование, использование современных подходов и привлечение достаточного количества испытуемых-добровольцев позволило получить результаты исследования, достоверность которых, подтверждена методами математико-статистического анализа.

Положения, выносимые на защиту.

1. Применение средств индивидуальной бронезащиты военнослужащих, при безусловной значимости сохранения жизни от поражающих факторов, не позволяет оптимально реализовать параметры физической работоспособности в интересах учебно-боевых задач, преимущественно за счёт массы, что приводит к снижению количественных и качественных показателей выполнения военно-профессиональных действий и специальных задач.

2. Медико-техническое сопровождение этапов создания средств индивидуальной бронезащиты, включающее разработку научных основ и регламентированного комплекса мер по обеспечению безопасных условий военно-профессиональной деятельности военнослужащих, заключается в корректировке не только массо-габаритных, но и биомеханических (эргономических) показателей, позволяющей на основе системного проектирования и взаимного интегрирования элементов боевой экипировки обеспечить высокий уровень эргономических параметров средств индивидуальной бронезащиты.

3. Средства индивидуальной бронезащиты в условиях субмаксимальных физических нагрузок оказывают выраженное влияние на сердечно-сосудистую, дыхательную и терморегуляционную системы на предельном уровне физиологических резервов пользователя, что определяет необходимость разработки методических основ обеспечения безопасности военнослужащих, в том числе за счёт повышения физической подготовленности при решении типовых учебно-боевых и специальных задач.

Степень достоверности результатов исследования.

Планирование работы, анализ литературных данных, формирование опытных и контрольных групп, а также экспериментальные исследования, не требующие моделирования учебно-боевых действий, проводились в подразделениях Военно-медицинской академии имени С.М. Кирова, а натурные исследования и войсковые испытания – на базах войсковой части 33491 и Государственного научно-исследовательского испытательного института военной медицины МО РФ.

Проведение экспериментальных исследований предполагало привлечение испытуемых-добровольцев мужского пола – военнослужащих в период плановой учебно-

боевой подготовки, предусматривающей использование СИБ из состава боевой индивидуальной экипировки.

Ведущий критерий военно-профессионального отбора испытателей-добровольцев предполагал возможность максимальной реализации навыков и умений, свойственных военнослужащим при экстремальных видах деятельности.

Исследования проведены в статистически достаточном объеме с использованием современных методов и методик исследования. Математико-статистический анализ данных осуществлялся на персональном компьютере при помощи программ Statistica for Windows версия 7,0 и Microsoft Excel 2010.

Апробация и реализация результатов исследования.

Материалы и результаты исследования получены в ходе выполнения:

- научно-исследовательской работы № VMA. 01.07.06.1315/0119 «Военно-научные исследования в обеспечении выполнения ОКР по разработке и модернизации боевой экипировки военнослужащих», шифр «Боец-2»;

- научно-исследовательской работы «Изучение влияния современной боевой экипировки на функциональное состояние организма и работоспособность военнослужащих», шифр «Витязь»;

- научно-исследовательской работы «Исследование путей развития перспективных образцов средств индивидуальной бронезащиты и индивидуального боевого снаряжения боевой экипировки 3-го поколения для военнослужащих различных специальностей» (по этапам 1-3), шифр «Ратник-3-ТЕХИНКОМ»;

- типовых методик медико-биологической оценки боевой индивидуальной экипировки военнослужащих, подготовленных совместно с ГНИИИ ВМ по результатам военно-научного сопровождения НИР шифр «Турмалин»;

- опытно-конструкторской работы «Разработка составной части технологического комплекса оценки тяжести травмы защищенных коленных и локтевых суставов от действия поражающих элементов на поле боя и механических повреждений Минобороны РФ», шифр «Методист-3-СМТ».

Результаты работы представлены:

- в методических рекомендациях «Методы проведения комплексной физиолого-гигиенической и эргономической оценки боевой экипировки военнослужащих», предназначенных для врачей, преподавателей, физиологов, инженеров и техников.

- в типовых методиках медико-биологических испытаний элементов боевой индивидуальной экипировки военнослужащих.

Материалы исследования реализованы в рационализаторском предложении (удостоверение № 14088/2 от 26.04.2015 г.).

Результаты и выводы исследования используются в учебном процессе кафедры (общей и военной гигиены, с курсом военно-морской и радиационной гигиены) ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ.

Материалы исследования докладывались и обсуждались на Всероссийских научно-практических конференциях РАРАН «Актуальные проблемы защиты и безопасности» (1-4 апреля 2015 г. и 4-7 апреля 2016 г., Санкт-Петербург); Всероссийской научно-практической конференции «История и перспективы отечественной гигиенической науки и практики» (23-24 апреля 2015 г., Санкт-Петербург); Юбилейной всеармейской научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития технических средств

медицинской службы» (26 ноября 2015 г., Санкт-Петербург); Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных и специалистов Роспотребнадзора «Современные проблемы эпидемиологии и гигиены» (8-10 декабря 2015 г., Санкт-Петербург); Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы физической культуры, спорта и туризма» (24-26 марта 2016 г., г. Уфа).

По материалам исследования опубликовано 13 печатных работ, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Личный вклад автора в проведенное исследование.

Автором сформулированы цель и задачи, определены объем и методы исследований. Лично спланированы, организованы и проведены эксперименты по изучению влияния СИБ на прямые показатели работоспособности и функциональное состояние организма военнослужащих, а также исследования по влиянию конструкционно-механических свойств средств индивидуальной бронезащиты на биомеханическую характеристику движений военнослужащих. Статистическая обработка полученных результатов исследования была проведена лично автором. Доля участия в сборе материала исследования составляет 90%, в его обобщении и анализе – до 95%.

Структура и объем диссертации.

Диссертация изложена на 141 странице машинописного текста, иллюстрирована 40 рисунками и 24 таблицами; включает введение, обзор литературы, материалы и методы исследований, 3 главы собственных исследований, заключение, выводы, практические рекомендации. Список литературы включает 93 отечественных и 35 зарубежных источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Медико-техническая оценка СИБ, а также оценка их влияния на прямые показатели физической работоспособности и функциональное состояние организма военнослужащих проводилось в несколько этапов, в соответствии со структурно-логической схемой исследования (рисунок 1).

Для определения амплитуды движений в крупных суставах конечностей, а также при наклонах туловища испытуемых-добровольцев, экипированных в средства индивидуальной бронезащиты, использовался метод гониометрии (с применением универсального цифрового угломера). Для проведения исследований отобрано десять испытуемых-добровольцев мужского пола в возрасте 22-26 лет, нормостенического телосложения, годных по состоянию здоровья к прохождению военной службы и давших добровольное согласие на участие в эксперименте. Все испытуемые-добровольцы прошли осмотр врача-специалиста для выявления заболеваний опорно-двигательного аппарата, которые могли бы повлиять на результаты исследования.

Для оценки прямых показателей работоспособности и влияния физической подготовленности на выполнение упражнений, характерных для военно-профессиональной деятельности, была сформирована группа испытуемых-добровольцев со средним уровнем физической подготовленности из числа военнослужащих мотострелковых подразделений (МСП) и группа сравнения с наиболее высокими показателями физической

работоспособности и адаптации к военной службе из числа военнослужащих парашютно-десантных подразделений (ПДП). Морфофункциональная характеристика участников эксперимента представлена в таблице 1.



Рисунок 1 – Структурно-логическая схема исследований

Таблица 1 – Морфофункциональная характеристика участников исследования

Подразделение	Возраст, лет	Рост, см	Масса тела, кг	Индекс массы тела, кг/м ²	ЧСС в покое, уд/мин	ЖЁЛ, л	PWC ₁₇₀ , Вт
МСП	24 ± 3	171 ± 0,1	68 ± 0,4	23 ± 0,8	78 ± 1,4	3,5 ± 0,4	26,5 ± 0,5
ПДП	25 ± 2	175 ± 0,1	73 ± 0,7	24 ± 0,4	76 ± 1,6	3,6 ± 0,3	28,3 ± 0,3

Экспериментальные исследования предусматривали выполнение упражнения в средствах индивидуальной бронезащиты различной массы от 3,3 до 15 кг. Основной объём исследований по оценке прямых показателей работоспособности показан в таблице 2.

Таблица 2 – Основной объём исследований

Вид упражнения	Подразделение	Количество испытуемых	Количество упражнений
5-км марш-бросок	МСП	48	179
	ПДП	64	215
Полоса препятствий	МСП	32	206
	ПДП	51	468

Программа исследований построена с учётом массы испытуемых-добровольцев, массы средств индивидуальной бронезащиты ($m_{\text{СИБ}}$, кг), отношения массы СИБ к массе испытуемых-добровольцев ($m_{\text{СИБ}}/m_{\text{в-сл}}$). Регистрировалось время выполнения упражнений, а

также отдельно взятые элементы полосы препятствий, которые военнослужащий не смог преодолеть.

Изменение массы СИБ по сравнению с контрольной группой, экипированной только в летнюю форму одежды, достигалось использованием бронежилетов различной массы. Каждый участник испытаний выполнял упражнения неоднократно (в разные дни). Полученные результаты были сгруппированы по диапазонам масс СИБ: 1-я группа 1,0 кг (контроль); 2-я группа 3,3–6,3 кг; 3-я группа 7,7–10,3 кг; 4-я группа 11,2–15,0 кг.

Моделирование экстремальных условий военно-профессиональной деятельности в лабораторных условиях осуществлялось при беге на тредмиле с участием 10 практически здоровых мужчин, возраст которых составлял 31 ± 2 (M \pm m) года, рост $176,1 \pm 1,5$ см, масса тела $73,2 \pm 2,5$ кг, индекс массы тела $23,6 \pm 0,5$ кг/м². Основным критерием включения в исследование являлся верифицированный диагноз «здоров» по результатам обследования.

В ходе исследований каждый из добровольцев трижды выполнял физическую нагрузку в различных вариантах одежды:

- форма одежды спортивная (трусы, футболка, спортивная обувь);
- форма одежды полевая – летняя (брюки, куртка, поясной ремень ослаблен, ботинки с высоким берцем, без головного убора, воротник расстёгнут);
- форма одежды полевая – летняя с бронежилетом общевойсковым единым 6Б45 в основной комплектации (грудная, спинная и две поясные секции, две бронепанели композитные унифицированные (грудная и спинная) класса защиты 5А по ГОСТ Р 50744.

Масса спортивной одежды и обуви составляла $1,3 \pm 0,4$ кг, повседневной – $4,2 \pm 0,4$ кг и повседневной с БЖ 6Б45 – $12,2 \pm 0,3$ кг.

Бег на тредмиле «Т-2100» (Германия) проводился со ступенчатым повышением скорости дорожного полотна (начальная скорость 5 км/ч; далее повышение каждые 2 минуты на 1,5 км/ч) до отказа от выполнения нагрузки (при условии отсутствия медицинских показаний для досрочного прекращения опыта). Критерием остановки дорожного полотна являлись жалобы добровольца на плохое самочувствие или увеличение ЧСС выше показателей «220 минус возраст добровольца».

Оценка показателей, характеризующих физическую работоспособность добровольцев, проводилась с использованием эргоспирометрической системы «Metalyzer 3В» (Германия) и автоматического анализатора для определения лактата в пробах крови «Super GL Easy» (Германия). В процессе тестирования оценивались:

- концентрация лактата в капиллярной крови, ммоль/л (перед нагрузкой, на 3-й и 8-й минутах после нагрузки);
- частота сердечных сокращений и частота дыхания (мин⁻¹);
- выполненная в ходе тестирования удельная работа (Дж/кг);
- энерготраты организма добровольцев (ккал).

Расчёт энерготрат при выполнении физической нагрузки производили методом непрямой калориметрии с полным газовым анализом Дугласа – Холдена.

Коэффициенты «активной и пассивной защиты» в полевых условиях с применением СИБ (в наступлении) определены по результатам анкетирования семи ветеранов боевых действий.

Для сравнения полученных результатов в качестве основного статистического метода применено выборочное оценивание. Приняв допущение, что случайная величина

распределена по нормальному закону, интервальная оценка проводилась с помощью распределения Стьюдента. Рассчитывалось среднее выборочное значение (M) и ошибка средней величины (m), производился корреляционный анализ взаимосвязи прямых показателей работоспособности и массы СИБ.

Результаты исследования

Исследование амплитуды движений в различных суставах оценивается, в основном, при различных нозологических формах заболеваний опорно-двигательного аппарата. При этом оценка влияния СИБ на амплитуду движений в суставах в научных публикациях представлена недостаточно широко. В настоящем исследовании определены и изучены основные типовые движения в суставах военнослужащего при выполнении элементов военно-профессиональной деятельности, а также дана сравнительная характеристика снижения амплитуды движений при использовании различных вариантов СИБ, в том числе – с применением налокотников и наколенников.

Проведённое исследование позволило установить, что летняя форма одежды (ЛФО) военнослужащих оказывает статистически значимое ограничение движений в суставах, как верхних, так и нижних конечностей ($p < 0,05$). При этом рациональные конструкционные решения ЛФО, обеспечивающие максимальную амплитуду движений (боковые складки, вставки и т.п.), в сочетании со средствами индивидуальной бронезащиты торса (с бронезилетом) уже не выполняют должных функций (рисунок 2).

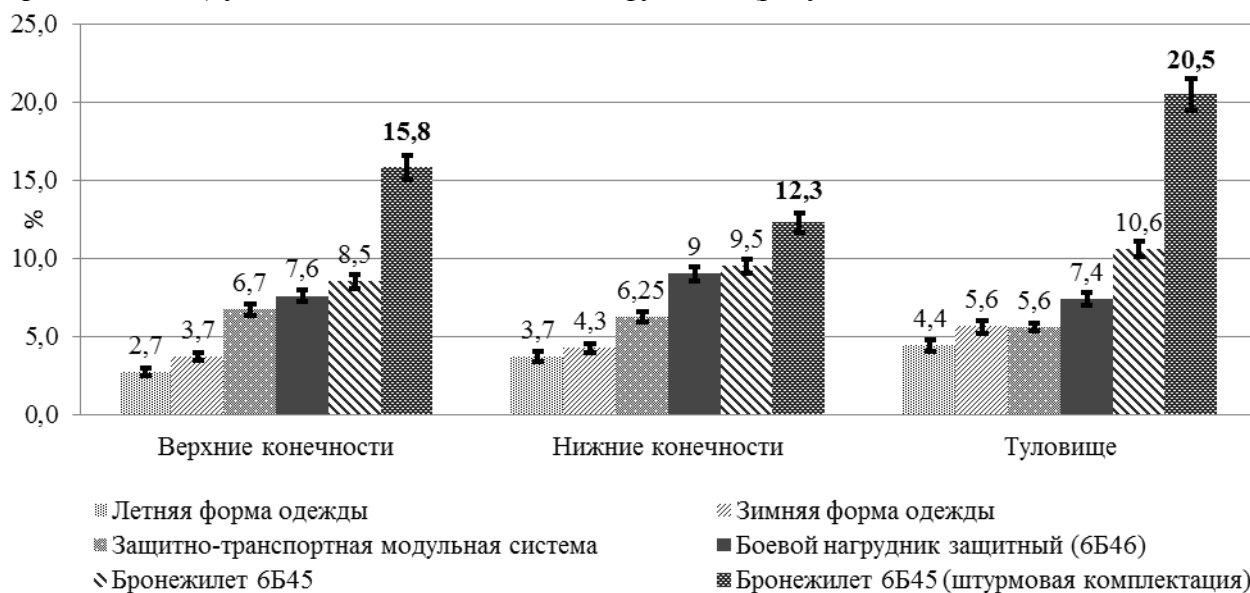


Рисунок 2 – Снижение амплитуды движений при использовании различных вариантов одежды и средств индивидуальной бронезащиты, %

Надёжный уровень эргономического и конструкционного исполнения установлен при исследованиях зимней формы одежды (ЗФО) военнослужащих. Исследования подтвердили отсутствие достоверных различий в снижении амплитуды движения по сравнению с летней формой одежды.

Анализ данных, приведённых на рисунке 2, подтверждает, что бронезилет 6B45 в наибольшей степени ограничивает амплитуду движений в суставах верхних и нижних конечностей, а также туловища. При этом актуальными, с точки зрения военно-профессиональной работоспособности, представляются биомеханические ограничения,

связанные с движениями туловища, что обуславливает повышенную уязвимость военнослужащего при решении некоторых учебно-боевых задач. Исходя из проведённого анализа конструкции изделий, полученные результаты вполне логичны.

Боевой нагрудник защитный (БНЗ), обладая меньшей массой, а также вертикальным размером и площадью защиты, по конструкционно-механическим характеристикам имеет определённые преимущества по сравнению с БЖ 6Б45. Однако его применение, оптимальное, с точки зрения медико-технических аспектов военно-профессиональной работоспособности, сопряжено с риском поражения незащищённых участков тела.

Из приведённых результатов также следует, что защитно-транспортная модульная система (ЗТМС), отличаясь от своих аналогов по эргономическим и конструкционно-механическим свойствам, в значительно меньшей степени ограничивает амплитуду движений в суставах верхних и нижних конечностей, а также туловища. Очевидно, что за счёт этого ЗТМС оказывает сравнительно меньшие ограничения возможности выполнения учебно-боевых задач по сравнению с БНЗ.

Бронежилет 6Б45 в штурмовой комплектации, оснащённый съёмными противоосколочными наплечниками и фартуком, унифицированными по форме противопульными бронепанелями 6А класса защиты (по ГОСТ Р 50744) грудной, спинной, нижней спинной, паховой и боковых областей требует отдельной медико-технической оценки. Указанная комплектация бронежилета статистически значимо ($p < 0,001$) снижает амплитуду движений во всех крупных суставах верхних, нижних конечностей и при наклонах туловища даже по сравнению с 6Б45. Практически в 2 раза снижается амплитуда движений в суставах верхних конечностей и, особенно, туловища.

Испытатели-добровольцы в ходе исследования штурмовой комплектации БЖ 6Б45 предъявляли жалобы на утомление, увеличение нагрузки на опорно-двигательный аппарат при выполнении типовых военно-профессиональных действий и снижение работоспособности в связи с ухудшением теплового состояния организма.

Следует отметить, что применение данной комплектации БЖ при ведении высокоманёвренных боевых действий неприемлемо из-за чрезмерной массы и конструктивных особенностей.

Проведённые исследования позволили установить, что площадь защиты и конструкция СИБ (расположение элементов защиты на теле пользователя) оказывают основное влияние на максимальную амплитуду движений. Как и ожидалось, в наибольшей степени ограничение свободы движений вызывает применение штурмового варианта БЖ 6Б45, имеющего наибольшую площадь защиты (из исследованных вариантов СИБ) и массу около 15 кг. Соответственно, снижение амплитуды движений было минимальным при ношении БЖ с наименьшим значением площади защиты.

В то же время проведённые исследования на примере ЗТМС показали, что существует принципиальная возможность улучшения конструкционно-механических характеристик изделий, преимущественно за счёт рационального распределения защитных элементов на теле пользователя и введения в конструкцию боевого пояса.

Современная тенденция развития средств индивидуальной бронезащиты военнослужащих предусматривает увеличение площади и уровня защищённости

[Алексанин С.С., 2012; Борисов А.С., 2016]. В связи с этим, целью следующего этапа исследований являлась оценка влияния массы СИБ на прямые показатели физической работоспособности военнослужащих при выполнении упражнений, которые в наибольшей степени отражают специфику военно-профессиональной деятельности: упражнение на выносливость (5-км марш-бросок), упражнение на быстроту и ловкость (преодоление полосы препятствий).

В результате исследований установлено, что с увеличением массы СИБ увеличивалось время выполнения упражнений военнослужащими МСП (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние СИБ на прямые показатели работоспособности военнослужащих мотострелковых подразделений

Номер группы	Масса СИБ, кг (min-max)	Количество наблюдений, n	Время выполнения упражнения, мин.	Достоверность различий по сравнению с контролем (p)
Совершение 5-км марш-броска военнослужащими МСП				
1	1,0 (контроль)	41	32,62±0,28	–
2	3,3-6,3	45	35,21±0,36	p<0,001
3	7,7-10,3	46	38,26±0,65	p<0,0001
4	11,2-15,0	47	39,98±0,67	p<0,0001
Преодоление полосы препятствий военнослужащими МСП				
1	1,0 (контроль)	28	1,89±0,05	–
2	3,5-6,3	51	2,33±0,05	p<0,001
3	7,7-9,9	55	2,44±0,05	p<0,001
4	10,2-15,0	72	2,66±0,05	p<0,001

Из данных, представленных в таблице 3, следует, что при массе СИБ более 7,7кг отмечается наиболее существенное (p<0,0001) увеличение времени совершения 5-км марш-броска по сравнению с контрольной группой. При использовании изделий массой 11,2-15,0 кг время совершения марш-броска возрастает, а скорость выполнения упражнения становится сравнима с шагом пешехода (~ 7 км/час). При анализе полученных данных установлена умеренная, прямая статистически значимая связь между временем совершения марш-броска ($t_{\text{мин}}$) и массой СИБ ($m_{\text{СИБ}}$) военнослужащего. Получено уравнение регрессии:

$$t_{\text{мин}}=0,62*m_{\text{СИБ}}+ 32,4; \quad (r=0,58) (p<0,001) \quad (1)$$

Полученная регрессионная зависимость (1), позволила провести расчёт массы СИБ, при которой военнослужащие мотострелковых подразделений в соответствии с НФП могли бы выполнить упражнение на оценку «удовлетворительно». Установлено, что масса СИБ при этом не должна превышать 12,3 кг.

При обработке экспериментальных данных зависимости времени выполнения упражнения от отношения массы СИБ к массе военнослужащего ($m_{\text{СИБ}}/m_{\text{в-сл}}$) получена прямая статистически значимая связь:

$$t_{\text{мин}}=43,9*m_{\text{СИБ}}/m_{\text{в-сл}}+32,1 \quad (r=0,62) (p<0,001) \quad (2)$$

Данное исследование характеризует влияние не столько массы СИБ, сколько её доли от массы самого человека, т.е. удельной массы и доказывает, что чем больше масса военнослужащего, тем легче ему осуществлять действия по переносу груза.

С использованием уравнения (2) установлено, что данное упражнение могло быть выполнено на оценку «удовлетворительно», когда удельная масса СИБ не превышает 18 %.

Рассмотрение результатов военнослужащих парашютно-десантных подразделений представляет интерес для разработки практических рекомендаций в связи с тем, что показатели физической подготовленности данного контингента выше, чем у военнослужащих МСП, что связано с особенностями отбора в этот род войск.

Анализ полученных данных показал, что с увеличением массы СИБ военнослужащих ПДП также увеличивалось время совершения марш-броска (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние СИБ на прямые показатели работоспособности военнослужащих парашютно-десантных подразделений

Номер группы	Масса СИБ, кг (min-max)	Количество наблюдений, n	Время выполнения упражнения, мин.	Достоверность различий по сравнению с контролем (p)
Совершение 5-км марш-броска военнослужащими ПДП				
1	1,00 (контроль)	15	31,07±0,73	–
2	3,45-6,25	45	33,12±0,54	p<0,05
3	7,70-10,30	75	35,94±0,40	p<0,001
4	11,15-15,00	80	36,49±0,41	p<0,001
Преодоление полосы препятствий военнослужащими ПДП				
1	1,00 (контроль)	34	1,70±0,03	–
2	3,45-6,25	99	1,92±0,02	p<0,001
3	7,70-9,90	131	2,17±0,02	p<0,001
4	10,20-15,00	204	2,25±0,02	p<0,001

Из данных, представленных в таблице 4, видно, что во всех группах исследования время совершения марш-броска было достоверно больше, чем в контроле. При этом скорость совершения марш броска военнослужащими ПДП (~ 8,3 км/ч) несколько выше при той же массе СИБ, чем у МСП (~ 7 км/ч).

Полученное уравнение регрессионной зависимости (3) позволило произвести расчёт предельной массы СИБ, при которой время совершения 5-км марш-броска военнослужащими ПДП в соответствии с НФП будет укладываться в норматив оценки «удовлетворительно». Подставив нормативное значение, установили, что масса СИБ должна быть не более 22,5 кг.

$$t_{\text{мин}} = 0,36 * m_{\text{СИБ}} + 31,9 \quad (r = 0,63) \quad (p < 0,001) \quad (3)$$

Установлена также зависимость (4) времени выполнения упражнения от удельной массы СИБ. Расчетным методом определено, что военнослужащий сможет совершить 5-км марш-бросок в нормативное время, при удельной массе СИБ не превышающей 31 %.

$$t_{\text{мин}} = 25,8 * m_{\text{СИБ}} / m_{\text{в-сл.}} + 31,9 \quad (r = 0,72) \quad (p < 0,001) \quad (4)$$

Исходя из полученных данных, следует, что военнослужащие ПДП в сравнении с мотострелковыми подразделениями способны выполнить норматив на выносливость в более быстром темпе, используя при этом более тяжелую экипировку. Это в свою очередь доказывает, что высокий уровень физической подготовленности имеет большое значение при выполнении военно-профессиональных действий.

Анализ данных, полученных в результате оценки влияния СИБ на прямые показатели

физической работоспособности военнослужащих, при преодолении полосы препятствий показал, что военнослужащие ПДП преодолевали полосу препятствий с более высоким темпом. При этом, увеличение времени выполнения упражнения было практически идентичным как у десантников, так и у мотострелков. Время преодоления полосы препятствий возрастало по прямой линейной зависимости.

Обработка полученных данных по результатам преодоления полосы препятствий в СИБ различной массы, позволила получить следующие регрессионные зависимости:

$$t_{\text{МСП}} = 0,06 * m_{\text{СИБ}} + 1,9 \quad (r=0,61, p<0,001) \quad (5)$$

$$t_{\text{МСП}} = 3,9 * m_{\text{СИБ}}/m_{\text{в-сл.}} + 1,9 \quad (r=0,72, p<0,001) \quad (6)$$

$$t_{\text{ПДП}} = 0,05 * m_{\text{СИБ}} + 1,7 \quad (r=0,65, p<0,01) \quad (7)$$

$$t_{\text{ПДП}} = 3,1 * m_{\text{СИБ}}/m_{\text{в-сл.}} + 1,7 \quad (r=0,73, p<0,01) \quad (8)$$

При этом увеличение массы СИБ способствовало уменьшению числа преодолённых препятствий (N, %), которое определяется по следующей зависимости:

$$N (\%) = 98 - 2,3 * m_{\text{СИБ}} \quad (r=-0,61, p<0,05) \quad (9)$$

Согласно уравнению регрессии (9), военнослужащий с грузом массой в 1 кг сможет преодолеть 96% препятствий. При максимальной (для настоящего исследования) массе средств индивидуальной бронезащиты в 15 кг количество преодолённых препятствий уменьшается до 66%.

При исследовании зависимости числа преодолённых препятствий от отношения массы СИБ к массе военнослужащего получено следующее уравнение регрессии:

$$N (\%) = 101,2 - 123,9 * m_{\text{СИБ}}/m_{\text{в-сл.}} \quad (r=-0,67, p<0,05) \quad (10)$$

Из результатов следует, что физические и антропометрические данные военнослужащих ПДП позволяют им более успешно преодолевать препятствия по сравнению с военнослужащими мотострелковых подразделений (таблица 5).

Таблица 5 – Преодоление препятствий военнослужащими в ходе выполнения упражнения

Вид препятствия	Военнослужащие МСП, выполнившие упражнение (n=206)		Военнослужащие ПДП, выполнившие упражнение (n=468)	
	абс. число	%	абс. число	%
Двухметровый забор	155	75,2	448	96,8
Третья ступенька лестницы	113	54,8	262	56,9
Ров 2,5 м	189	91,6	432	92,3
Ров 2,0 м	201	97,6	467	98,8

Однако даже подготовленные военнослужащие не смогли преодолеть ров 2,5 м практически в 8 % случаев. Установлено, что причиной невыполнения этого упражнения являлась боязнь падения в ров из-за чрезмерной массы СИБ. Наиболее сложными препятствиями для военнослужащих МСП были третья ступенька разрушенной лестницы и двухметровый забор.

Таким образом, при ведении боя на урбанизированной территории, чрезмерная масса СИБ неизбежно скажется на времени, качестве и возможности выполнения поставленной задачи.

Проведённый дисперсионный анализ (таблица 6) показал, что средние значения массы СИБ, дающей возможность преодолеть препятствие, отличаются от соответствующих показателей, при которых их преодоление невозможно, всего на 2-3 кг.

Таблица 6 – Успешность преодоления военнослужащими препятствий в зависимости от массы СИБ

Подразделение	Успешность выполнения	Значения массы СИБ и результаты дисперсионного анализа при преодолении военнослужащими препятствий (M±m)			
		забор		третья ступенька лестницы	
		m _{СИБ} , кг	dfEffect=1	m _{СИБ} , кг	dfEffect=1
МСП	преодолено	6,4±2,3	F=21,37 p<0,001	5,4±2,42	F=44,09 p<0,001
	не преодолено	9,8±2,1		9,4±1,7	
ПДП	преодолено	8,9±2,3	F=5,87 p=0,011	7,7±3,2	F=76,58 p<0,001
	не преодолено	11,1±2,2		10,1±1,9	
Всего	преодолено	7,6±3,2	F=12,62 p<0,001	7,1±2,4	F=109,56 p<0,001
	не преодолено	10,5±1,9		10,2±2,5	
Примечание – dfEffect – число степеней свободы; F – критерий Фишера.					

Таким образом, проведённые исследования позволяют объективно отметить, что современные направления совершенствования СИБ военнослужащих, предполагающие увеличение площади и уровня их защищённости, повышают тяжесть физической нагрузки военнослужащих. Вследствие этого выполнение учебно-боевых задач может осуществляться с более низким темпом и эффективностью, создавая дополнительный риск поражения огнём противника. При этом масса средств индивидуальной бронезащиты, несомненно, являясь одним из наиболее важных медико-технических показателей, не должна рассматриваться отдельно от удельной массы СИБ ($m_{СИБ}/m_{в-сл.}$) при оценке влияния на прямые показатели работоспособности. Работоспособность, в свою очередь, являясь интегральным показателем здоровья человека, не может рассматриваться отдельно от функционального состояния организма, отражающего физиологическую нагрузку на ведущие системы организма. В связи с этим, были проведены исследования по оценке влияния СИБ на функциональное состояние организма военнослужащих.

Исследование на тредмиле позволило установить, что при удельной мощности нагрузки до 10,6 Вт/кг (скорость движения до 11 км/ч) все добровольцы выполнили задание вне зависимости от формы одежды. Увеличение удельной мощности до 11,4 Вт/кг (скорость 12,5 км/ч) привело к отказу от продолжения тестирования 40% добровольцев в каждой группе. Только 20% добровольцев в БЖ, смогли преодолеть нагрузку мощностью 12,6 Вт/кг (скорость 14 км/ч), а нагрузку мощностью 14,1 Вт/кг (скорость 15,5 км/ч) выдержали лишь

30% добровольцев в спортивной форме одежды (рисунок 3). Основные результаты исследования представлены в таблице 7.

К моменту завершения тестовой нагрузки у всех испытуемых-добровольцев напряжение сердечно-сосудистой системы достигло предельных значений, ЧСС составила в среднем 189 ± 3 уд/мин.

Таблица 7 – Средние величины исследуемых показателей функционального состояния организма испытуемых-добровольцев

Форма одежды	Средние величины исследуемых показателей		
	Время при достижении максимальных показателей ЧСС, мин	ЧД, мин ⁻¹	Удельная работа, Дж/кг
Спортивная (контроль)	16,7±0,7	50±1	184,2±7,2
Полевая (летняя)	14,8±0,6*	55±2*	159,1±6,5*
Полевая (летняя) с БЖ	13,8±0,6**	57±2**	136,6±7,1**

Примечание: *- p<0,05, ** - p<0,01

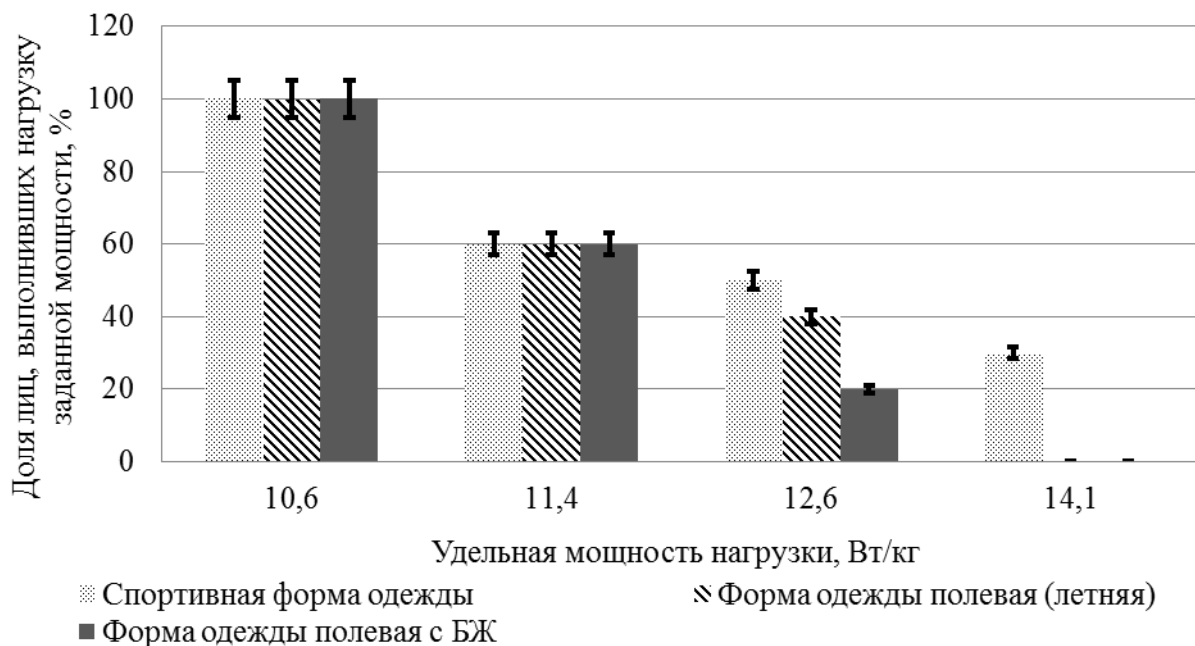


Рисунок 3 – Доля лиц, выполнивших нагрузку заданной мощности

Сокращение времени выполнения ступенчато нарастающей физической нагрузки в повседневной одежде и одежде с бронежилетом по сравнению с контролем повлияло ($p<0,01$) на выполнение удельной работы (рисунок 4).

Анализ концентрации лактата в капиллярной крови не показал статистически значимых различий в группах ($p>0,05$) как до нагрузки, так и после её окончания. Их отсутствие характеризует примерно одинаковый уровень утомления испытуемых-добровольцев. При этом, содержание лактата, как одного из маркеров утомления, может быть использовано при моделировании дозированной физической нагрузки.

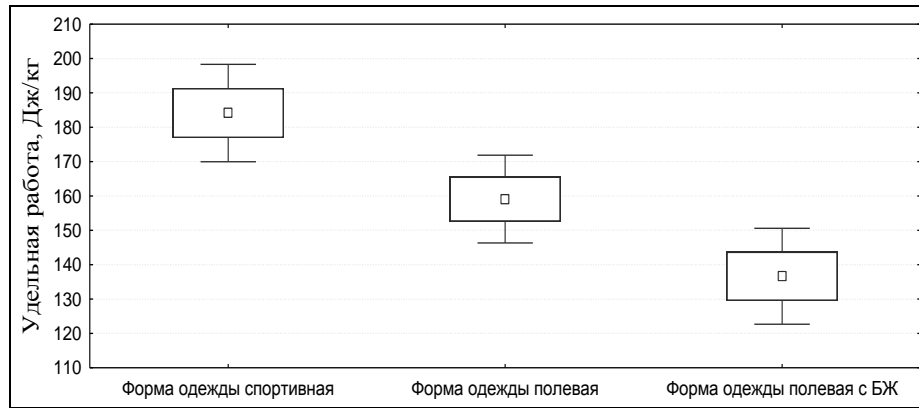


Рисунок 4 –Выполненная удельная работа в различных вариантах одежды, Дж/кг ($M \pm m$)

Исследования показали, что влияние повседневной одежды на уровень энергозатрат по сравнению с контролем практически отсутствует (таблица 8). Наиболее значимый прирост энергозатрат зафиксирован в условиях использования БЖ при скорости передвижения 11 км/ч. Энергозатраты составили $32,6 \pm 0,3$ ккал ($p < 0,05$) и были на 11% выше, чем в одежде без бронезилета.

Таблица 8 – Средние значения энергозатрат испытуемых-добровольцев

Форма одежды	Энергозатраты испытуемых-добровольцев (ккал/мин) при скорости передвижения, км/ч				
	5,0	6,5	8,0	9,5	11,0
Спортивная (контроль)	$9,9 \pm 0,6$	$14,0 \pm 0,7$	$20,3 \pm 0,1$	$26,3 \pm 0,8$	$30,2 \pm 0,1$
Полевая (летняя)	$10,0 \pm 0,4$	$14,0 \pm 0,2$	$21,1 \pm 0,4$	$27,0 \pm 0,6$	$31,5 \pm 0,2$
Полевая (летняя)с БЖ	$10,5 \pm 0,4$	$15,2 \pm 0,4$	$22,8 \pm 0,6$	$27,0 \pm 0,4$	$32,6 \pm 0,3$

Результаты оценки влияния СИБ на функциональное состояние организма военнослужащих при совершении 5-км марш-броска при температуре окружающей среды 13°C и относительной влажности 82 % представлены в таблице 9.

Из приведённых данных следует, что, несмотря на относительно низкую температуру окружающего воздуха при марш-броске, во всех группах отмечалась тенденция повышения подязычной температуры тела. При этом у одного из военнослужащих сублингвальная температура на финише превышала $38,0^{\circ}\text{C}$.

Анализ результатов показывает, что в исследуемых группах средняя скорость влагопотерь достигла уровня 1,3-1,4 кг/час. Однако при увеличении массы СИБ отмечается снижение скорости влагопотерь, что вероятнее всего обусловлено снижением темпа выполнения упражнения. Отмечена закономерность увеличения количества испытуемых-добровольцев с частотой пульса более 190 мин^{-1} при массе СИБ более 11,6 кг. Интенсивность физической нагрузки в исследуемых группах характеризовалась статистически значимым снижением ($p < 0,01$) PWC_{170} , и увеличением индекса физиологического напряжения.

Таблица 9 – Функциональное состояние организма военнослужащих при проведении марш-броска

Показатели	Значение показателей при массе СИБ, кг			
	1,0 (контроль)	3,3-6,3	7,7-10,3	11,6-15,0
Число наблюдений	20	21	22	23
Время выполнения упражнения, мин.	32,6±0,6	35,2±0,7*	38,2±0,9*	40,1±1,1*
Температура тела под языком, °С:				
исходная	36,6±0,1	36,5±0,1	36,5±0,1	36,4±0,1
после финиша	37,0±0,1	37,0±0,1	37,2±0,2	37,0±0,1
число случаев со значениями температуры более 38,0°С	0	0	1	0
Частота пульса (ЧП), мин. ⁻¹				
исходная	67,2±0,9	63,9±0,8	69,9±0,9	72,4±1,2
после финиша	177,4±3,6	176,2±3,4	175,6±2,5	180,8±3,5
число случаев со значениями ЧП более 180 ударов в минуту	8	7	6	11
число случаев со значениями ЧП более 190 ударов в минуту	0	1	1	5
через 30 минут после финиша	107,2±0,48	104,6±0,34	104,7±0,4	102,4±0,4
RWC ₁₇₀ , снижение к исходному уровню, %	23,2±0,48	26,7±0,51*	28,3±0,5*	30,2±0,6*
Общие влагопотери, кг	0,80±0,01	0,98±0,01*	0,95±0,1*	0,82±0,01
Скорость влагопотерь, г/час	1254±21,3	1416±20,8*	1289±24,4	1065±22,1*
Индекс физиологического напряжения:	3,4±0,17	3,7±0,1*	3,8±0,1*	3,5±0,1
Примечание. Звездочкой (*) обозначены показатели, имеющие статистически значимые различия (p<0,05) по сравнению с контрольной группой.				

Полученные данные свидетельствуют о том, что даже в относительно комфортных условиях окружающей среды использование СИБ приводит к изменению показателей теплового состояния организма и способствует развитию гипертермии.

Таким образом, быстрый бег в СИБ даже без подъёма на высоту становится невозможным, что связано с увеличением нагрузки на сердечно-сосудистую систему и повышением уровня энергозатрат. Не подлежит сомнению, что передвижение военнослужащих в бронежилете по пересечённой местности и, особенно в горных условиях, приведет к ещё большему возрастанию физической нагрузки. Во избежание отказа от применения СИБ необходимо улучшение их эргономических характеристик, снижение массы за счёт использования новых защитных материалов в конструкции изделий, а также повышение физической тренированности и выносливости личного состава. В иных условиях

применение СИБ, в частности бронезилетов, вследствие ухудшения показателей физической работоспособности, ожидаемого эффекта не окажет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Средства индивидуальной бронезащиты стали неотъемлемой частью сохранения жизни военнослужащих и успешного выполнения ими поставленной задачи. Однако на фоне очевидного прогресса в обеспечении военнослужащих боевой экипировкой актуальность приобрели проблемы, связанные со снижением эксплуатационных свойств СИБ и физической работоспособности (боеспособности) военнослужащих, ухудшением качественных и количественных показателей учебно-боевой деятельности.

Проведённые исследования позволили установить, что недостатки конструкции СИБ могут ограничивать амплитуду движений человека, препятствовать выполнению отдельных приемов и действий, характерных для боевой обстановки. Неблагоприятным фактором является локальное давление на отдельные участки тела, что может затруднять дыхательную активность во время учебного боя, нарушать местное кровообращение, лимфоотток, оставлять ссадины [Бекетов А.И., 1990]. В связи с этим, особую актуальность представляет оценка конструктивно-механических и медико-технических характеристик современных и перспективных СИБ.

Современным направлением развития СИБ, предусмотрено увеличение площади и уровня защищённости. Кроме того, за счет введения новых элементов увеличивается общая масса экипировки, возрастает тяжесть физической нагрузки военнослужащих, ухудшаются качественные и количественные показатели выполнения учебно-боевых задач, что создаёт дополнительную угрозу поражения огнём противника.

Между тем, в нормативных документах, относящихся к разработке и испытаниям СИБ, количественное выражение имеют только масса изделия, площадь защиты, уровень противопульной и противоосколочной стойкости, число размеров и ряд других требований заказчика. Более многочисленную группу составляют требования качественного характера. Например, требования могут быть выражены следующим образом: «Конструкция бронезилета должна обеспечить: удобное и быстрое одевание (снятие) изделия военнослужащим без посторонней помощи в зимней и летней форме одежды; возможность индивидуальной подгонки по фигуре; надежную фиксацию на теле военнослужащего и не препятствовать выполнению различных приемов и действий; возможность посадки в штатную бронетанковую (БТТ) и автомобильную технику, удовлетворительное размещение в боевых отделениях БТТ и эффективное применение индивидуального оружия при нахождении в них; возможность совершения действий, характерных для выполнения типовых боевых задач, вождения штатной автомобильной техники; не вызывать потертостей частей тела при длительном ношении».

Все эти требования предусматривают ведущим следующий критерий: «качественные и количественные показатели выполнения упражнений (нормативов) учебно-боевой деятельности военнослужащих в БЖ не должны уступать показателям для штатных изделий

аналогичного назначения». Аналогичный подход отмечен и в отношении оценки функционального состояния организма военнослужащих. Такой принцип фактически исключает необходимость оценки удобства применения изделий, что оказывает влияние на их качество и комфортность применения. Кроме того, требования предполагают сравнение только со штатными, возможно не самыми эффективными по конструкции бронежилетами и бронешлемами. Недостаточно эффективно решается и задача совершенствования медико-технических (эргономических) характеристик СИБ.

По результатам проведённых исследований установлено, что использование военнослужащими в ходе военно-профессиональной деятельности современных СИБ сопряжено с необходимостью преодоления их сковывающего действия, степень выраженности которого зависит от массы и габаритов изделий, а также характера и интенсивности решаемых задач. Эффективность может достигаться, с одной стороны, путем предъявления повышенных требований к уровню физической подготовленности военнослужащих, а, с другой, путем улучшения медико-технических характеристик СИБ.

Следует учитывать, что одной из важнейших медико-технических характеристик при проектировании (модернизации) современных образцов СИБ должна выступать суммарная масса комплекта. Известно, что физиологический эффект мышечной работы, с учётом массы современной экипировки, соответствует экстремальным видам деятельности, свойственным чрезвычайным ситуациям.

Установлено, что только в том случае, когда масса экипировки не превышает 7-9 кг (10-13 % от массы тела), военнослужащие могут без посторонней помощи преодолевать высотные препятствия. Более высокий рост и масса тела способствуют уменьшению времени выполнения учебно-боевых задач и облегчают преодоление препятствий.

Ведущими функциональными системами, обеспечивающими индивидуальный уровень работоспособности и здоровья в экстремальных условиях, являются сердечно-сосудистая, дыхательная и терморегуляционная системы организма человека, что согласуется с данными других исследователей [Ганопольский, В.П., 2012; Ендальцев Б.В., 2013].

Установлено, что, несмотря на относительно низкую температуру окружающего воздуха при выполнении 5-км марш-броска, отмечается тенденция повышения подъязычной температуры тела более 38°C, средняя скорость влагопотерь возрастает до 1,3-1,4 кг/час, что приводит к ухудшению показателей теплового состояния организма и способствует развитию гипертермии.

Сокращение времени выполнения ступенчато нарастающей физической нагрузки в одежде с бронежилетом по сравнению с контролем (в спортивной форме одежды) значительно ($p < 0,05$) влияет на выполнение удельной работы.

Повышение уровня физического развития военнослужащих с помощью упражнений характерных для военно-профессиональной деятельности, в том числе с применением СИБ, поможет избежать как развития преждевременного утомления и ухудшения показателей

функционального состояния организма, так и снижения прямых показателей работоспособности.

Полученные результаты работы согласуются с положениями ряда авторов [Адольф Э, 1952; Арнольди И.А., 1962; Libert J.P., 1964; Энан Р., 1970; Shwartz E., 1972; Загрядский В.П., 1976; Чвырёв В.Г., 2000; Байдак В.И., 2003; Лизунов Ю.В., 2004; Schiffman J.M., 2008 и др.] о том, что предварительная тренировка и адаптация к условиям деятельности способствуют повышению работоспособности военнослужащих.

Исходя из проведенных исследований определены основная и дополнительная функция применения СИБ для сохранения жизни и успешного выполнения поставленной задачи:

- основная функция («пассивная защита») - защита от пуль стрелкового оружия и осколков;

- дополнительная функция («активная защита») – отсутствие негативных конструкционных и эргономических факторов СИБ при выполнении боевой задачи.

Это позволяет выразить вероятность утраты работоспособности (ВУР) в конкретных условиях применения СИБ в виде формулы:

$ВУР = X_{ПЗ} + X_{АЗ}$, где: $X_{ПЗ}$ – весовой коэффициент параметров «пассивной защиты»; $X_{АЗ}$ – весовой коэффициент параметров «активной защиты».

Весовой коэффициент «пассивной и активной защиты» (по данным Тюрина М.В., 2009, частично дополненных нами) определяется исходя из важности каждой составляющей в конкретных условиях применения СИБ. Пример коэффициентов представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Коэффициенты «активной и пассивной защиты» в вероятных условиях применения СИБ

Весовой коэффициент	Вероятные условия применения СИБ					
	Штурм зданий	Захват городской территории	Штурм самолета, автобуса	Штурм морских судов	Штурм автомобиля	В наступлении
$X_{ПЗ}$	0,7	0,8	0,5	0,4	0,3	0,35
$X_{АЗ}$	0,3	0,2	0,5	0,6	0,7	0,65

Таким образом, на основе анализа научных публикаций и проведенных исследований сформулирован комплекс мероприятий, направленных на повышение безопасности и физической работоспособности военнослужащих при выполнении учебно-боевых задач в современных средствах индивидуальной бронезащиты (рисунок 5).

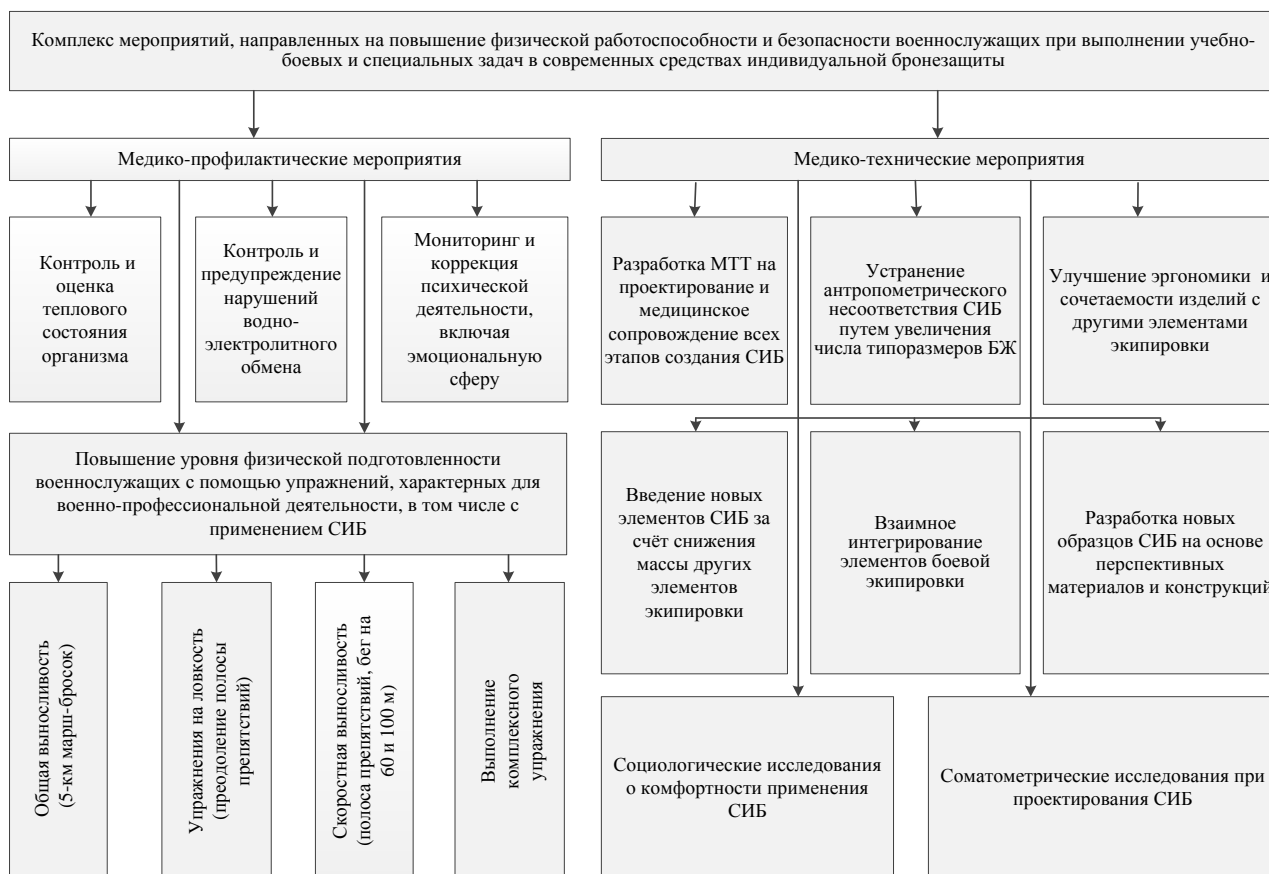


Рисунок 5 – Комплекс мероприятий, направленных на повышение безопасности и физической работоспособности военнослужащих при выполнении учебно-боевых задач

ВЫВОДЫ

1. Анализ научных публикаций по теме исследования показал, что на фоне очевидного прогресса в обеспечении военнослужащих отдельными элементами боевой экипировки актуальность приобрели вопросы, связанные со снижением работоспособности, ухудшением функционального состояния организма военнослужащих, снижением эксплуатационных характеристик СИБ.

К настоящему времени традиционные средства индивидуальной бронезащиты претерпели существенные изменения, дополнились новыми элементами (наколенники, налокотники, наручи и др.), однако, данных об их влиянии на работоспособность военнослужащих в доступной литературе не обнаружено.

2. Применение современных СИБ приводит к ограничению свободы движений в крупных суставах верхних и нижних конечностей, затрудняет наклоны туловища. В проверенных условиях наблюдается снижение амплитуды движений по мере увеличения площади защиты и массы СИБ. Наиболее существенное ограничение амплитуды движений (до 20,5 %), установлено при использовании бронежилета 6Б45 в штурмовой комплектации, имеющего площадь защиты 70 дм² и массу 15 кг, в сочетании с комплектом защиты суставов.

3. Основными характеристиками СИБ, влияющими на прямые показатели работоспособности военнослужащих при моделировании типовых элементов военно-профессиональной деятельности, являются: масса, площадь защиты и конструктивно-механические свойства. Высокий уровень физической подготовленности позволяет совершать упражнения военно-профессиональной деятельности в более быстром темпе.

Важным показателем при оценке влияния СИБ на прямые показатели работоспособности является отношение массы средств индивидуальной бронезащиты к массе тела пользователя (удельная масса). Качественное выполнение упражнений военно-профессиональной деятельности может быть осуществлено, при условии если масса СИБ не превышает 13 % от массы тела военнослужащего.

4. При использовании СИБ массой более 11,6 кг даже в комфортных температурных условиях наблюдается выраженное напряжение системы терморегуляции и сердечно-сосудистой системы пользователей. После 5-км марш-броска подъязычная температура тела военнослужащих повышается до 38,0°C, средняя скорость влагопотерь увеличивается до 1,4 кг/час, а частота пульса до 180-190 мин⁻¹.

5. Применение средств индивидуальной бронезащиты при выполнении нагрузок субмаксимальной мощности характеризуется высокими энерготратами (16,5 ккал/мин) и выраженным напряжением сердечно-сосудистой и дыхательной систем (частота пульса до 190 мин⁻¹, дыхания-до 57 мин⁻¹).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для повышения физической работоспособности и безопасности военнослужащих рекомендован следующий комплекс медико-профилактических мероприятий:

- совершенствование уровня физической подготовленности военнослужащих с помощью упражнений, характерных для военно-профессиональной деятельности, в том числе с применением СИБ;
- контроль правильности выбора размеров СИБ и их подгонки;
- контроль и оценка теплового состояния организма;
- контроль и предупреждение нарушений водно-электролитного обмена;

2. В целях совершенствования медико-технических (эргономических) свойств средств индивидуальной бронезащиты на этапах их разработки и испытаний рекомендовать заказывающим управлениям Минобороны России и других силовых министерств и ведомств следующие направления работ:

- медико-техническое сопровождение всех этапов создания изделий (начиная с разработки и согласования требований тактико-технического задания);
- улучшение эргономических свойств изделий и обеспечение их сочетаемости с другими элементами экипировки на основе системного проектирования;
- своевременное получение антропометрических данных военнослужащих для проектирования СИБ;

- обеспечения соответствия размеров изделий антропометрическим данным пользователей путем увеличения числа типоразмеров бронежилетов.

- проведение анкетирования военнослужащих о комфортности применения опытных образцов СИБ на этапах испытаний;

- введение новых элементов средств индивидуальной бронезащиты за счёт снижения массы других элементов экипировки;

- взаимное интегрирование элементов боевой экипировки: систем защиты, жизнеобеспечения, управления и связи;

- разработка новых образцов средств индивидуальной бронезащиты на основе легких несущих платформ, а также по типу модульных и многофункциональных конструкций;

- использование конструкционных особенностей средств индивидуальной защиты торса, позволяющих отказаться от транспортно-разгрузочных систем;

3. Вопросы профилактики неблагоприятного влияния СИБ на функциональное состояние организма и работоспособность военнослужащих целесообразно ввести в программы командирской подготовки, специальной подготовки врачей – специалистов медицинской службы, а также дополнить учебные программы факультетов подготовки и усовершенствования военных врачей.

4. Целесообразно внедрить рекомендации по медико-техническому сопровождению разработки средств индивидуальной бронезащиты в практику соответствующих учреждений и испытательных полигонов.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Проведённое диссертационное исследование не может решить всех научных задач по данной научной проблеме. На наш взгляд, перспективными направлениями являются исследования по оценке безопасности военнослужащих в средствах индивидуальной бронезащиты применительно к пустынной и горно-пустынной местности, а также оценка влияния СИБ на физическую работоспособность военнослужащих женского пола.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Статьи в научных журналах и изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК РФ:

1. Рагузин, Е.В. Физическая работоспособность и энерготраты военнослужащих при использовании бронежилета в условиях субмаксимальных нагрузок / Е.В. Рагузин, А.М. Герегей, С.Г. Григорьев, С.М. Логаткин // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях № 4. – 2016. – С. 104-108.

2. Логаткин, С.М. Исторические аспекты совершенствования физиолого-гигиенических, конструкционных и эргономических характеристик средств индивидуальной бронезащиты (обзорно-аналитическая статья) / С.М. Логаткин, Е.В. Рагузин, А.В. Сокуров, В.А. Майдан, О.В. Тимофеев, М.А. Рыжиков, В.О. Королёв // Вестник Российской Военно-медицинской академии № 5 (53). – 2016. – С. 87- 93.

2. Логаткин, С.М. Биомеханическая характеристика движений как физиолого-гигиенический критерий при оценке средств индивидуальной бронезащиты / С.М. Логаткин, Е.В. Рагузин, А.М. Герегей // Вестник Российской Военно-медицинской академии № 5 (57). – 2016. – С. 330-337.

4. Логаткин, С.М. Гигиенические аспекты разработки и испытаний средств индивидуальной бронезащиты / С.М. Логаткин, Е.В. Ивченко, Е.В. Рагузин, А.М. Герегей // Военно-медицинский журнал № 11. – 2016. – С. 43-48.

5. Рагузин, Е.В. Оценка прямых показателей физической работоспособности военнослужащих при моделировании типовых элементов военно-профессиональной деятельности / Е.В. Рагузин, С.М. Логаткин, С.Г. Григорьев, Я.Н. Трунов // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях № 1. – 2017. – С. 95-100.

Статьи, тезисы докладов в материалах конференций:

6. Логаткин, С.М. Средства защиты суставов – новые элементы в составе боевой экипировки военнослужащих ВС РФ / С.М. Логаткин, С.М. Кузнецов, А.В. Сокуров, Е.В. Рагузин // Актуальные проблемы защиты и безопасности: труды XVIII Всероссийской науч.-практ. конф. РАРАН. – 2015. – С. 344 – 346.

7. Логаткин, С.М. Тенденции развития средств индивидуальной бронезащиты военнослужащих мотострелковых подразделений / С.М. Логаткин, А.В. Сокуров, Е.В. Рагузин // Актуальные проблемы защиты и безопасности: труды XVIII Всероссийской науч.-практ. конф. РАРАН. – 2015. – С. 355 – 357.

8. Логаткин, С.М. Влияние средств индивидуальной бронезащиты на работоспособность военнослужащих при совершении марш-броска / С.М. Логаткин, А.В. Сокуров, Е.В. Рагузин // Актуальные проблемы развития технических средств медицинской службы: сборник материалов Юбилейной всеармейской науч.-практ. конф. Том 2 – СПб: Изд. «СК-Вектор». – 2015. – С. 151 – 153.

9. Рагузин, Е.В. О некоторых недостатках в вопросах медико-технического сопровождения разработки и испытаний средств индивидуальной защиты / Е.В. Рагузин, М.А. Рыжиков, М.А. Бокарев, А.В. Сокуров, Н.В. Белкин, Д.М. Беркут // Современные проблемы эпидемиологии и гигиены: материалы VII Всеросс. науч.-практ. конф. молодых учёных и специалистов Роспотребнадзора. – СПб.: ФБУН НИИЭМ имени Пастера. – 2015. – С. 221 – 222.

10. Кузнецов, С.М. Теоретические проблемы формирования здорового образа жизни в профессиональных группах, подверженных чрезмерным физическим нагрузкам и экстремальным видам деятельности / С.М. Кузнецов, В.А. Майдан, Я.Н. Трунов, Е.В. Рагузин // Актуальные проблемы физической культуры, спорта и туризма: материалы X Международной науч.-практ. конф. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. – Уфа. – 2016. – С. 162 – 167.

11. Рагузин, Е.В. Системный подход при формулировке терминов по проблеме «физическое здоровье и работоспособность» / Е.В. Рагузин, В.А. Майдан // Актуальные проблемы физической культуры, спорта и туризма: материалы X Международной науч.-практ. конф. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. – Уфа. – 2016. – С. 221 – 222.

12. Логаткин, С.М. Объём движений в суставах, как критерий оценки биомеханических характеристик боевой индивидуальной экипировки военнослужащих / С.М. Логаткин, А.М. Герегей, Е.В. Рагузин, А.А. Рокшин // Актуальные проблемы защиты и безопасности: тр. XIX Всероссийской науч.- практ. конф. РАРАН. – 2017. – С.235 – 238.

13. Логаткин, С.М. Физическая работоспособность военнослужащих при выполнении типовых элементов военно-профессиональной деятельности / С.М. Логаткин, Е.В. Рагузин, А.А. Рокшин, М.А. Рыжиков // Современная медицина: актуальные вопросы: Сб. ст. по материалам LXV Междунар. науч.- практ. конф. № 3 (55). Новосибирск: изд. АНС «СибАК». – 2017. – С. 117 – 122.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БЖ	– бронежилет;
ВАК	– Высшая аттестационная комиссия;
ВУР	– вероятность утраты работоспособности;
ВС РФ	– Вооруженные Силы Российской Федерации;
НИИИВМ	– Научно-исследовательский испытательный институт военной медицины;
ЗТМС	– защитная транспортно-модульная система;
ЗФО	– зимняя форма одежды;
ЛФО	– летняя форма одежды;
МСП	– мотострелковое подразделение;
НИР	– научно-исследовательская работа;
НФП	– наставление по физической подготовке;
ОКР	– опытно-конструкторская работа;
ПДП	– парашютно-десантные подразделения;
СИБ	– средства индивидуальной бронезащиты;
РАРАН	– Российская академия ракетных и артиллерийских наук;
ЧД	– частота дыхания;
ЧП	– частота пульса.