

УДК 614.847.7:576.75.004.15

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/131/32>

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНЫХ-СПАСАТЕЛЕЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ

©Сатаркулова А. М., ORCID: 0000-0002-9879-1802, SPIN-код: 6082-9955, канд. мед. наук,
Университет Южной Азии, г. Токмок, Кыргызстан, asatarkulova79@gmail.com

THE ENERGY COMPONENT OF THE FUNCTIONAL STATE IN FIREFIGHTER- RESCUERS ACROSS STAGES OF PROFESSIONAL ADAPTATION

©Satarkulova A., ORCID: 0000-0002-9879-1802, SPIN-code: 6082-9955, Ph.D., University of
South Asia, Tokmok, Kyrgyzstan, asatarkulova79@gmail.com

Аннотация. Профессиональная деятельность пожарных-спасателей требует устойчивого кардиореспираторного и физического резерва, однако его изменение на последовательных этапах службы изучено недостаточно. Цель исследования — оценить энергетический компонент функционального состояния и связанные с ним адаптационные и кардиореспираторные резервы у пожарных-спасателей с учетом продолжительности службы и возраста. В поперечное сравнительное исследование включены 130 мужчин-пожарных-спасателей г. Бишкека, распределенных на пять групп: ≤ 2 лет ($n=17$), $>2-5$ лет ($n=24$), 6–10 лет ($n=29$), 11–15 лет ($n=29$), ≥ 16 лет ($n=31$). Определяли индекс массы тела, индекс Робинсона, адаптационный потенциал, жизненный и силовой индексы, индекс Скибинского, восстановление после пробы Мартине — Кушелевского и суммарный балл физического здоровья по Г. Л. Апанасенко. На их основе рассчитывали стандартизированный интегральный индекс энергетического компонента; показатели неблагоприятной направленности инвертировали. Наиболее высокий энергетический индекс выявлен при стаже $>2-5$ лет ($0,44 \pm 0,50$ z-ед.), минимальный — при 11–15 годах ($-0,45 \pm 0,78$ z-ед.; $F=10,61$; $p<0,001$; $\eta^2=0,254$). При стаже 11 лет и более доля избыточной массы тела и ожирения достигала 72,4–74,2%, удовлетворительная адаптация сохранялась лишь у 27,6–38,7%, а низкий уровень физического здоровья отмечался у 80,6–82,8% обследованных. После возрастной коррекции сохранялись различия по суммарному физическому здоровью, индексу Робинсона и восстановлению после нагрузки. Установлен нелинейный фазовый профиль: оптимальное функциональное обеспечение формировалось на этапе $>2-5$ лет, максимальное напряжение — при 11–15 годах, а при ≥ 16 лет наблюдалась частичная стабилизация при сохранении неблагоприятных соматических признаков.

Abstract. Firefighting and rescue work requires sustained cardiorespiratory and physical reserves, yet their changes across successive stages of service remain insufficiently characterized. This study aimed to assess the energy component of the functional state and related adaptive and cardiorespiratory reserves in firefighter-rescuers, while accounting for service duration and age. This cross-sectional comparative study included 130 male firefighter-rescuers in Bishkek, divided into five service-duration groups: ≤ 2 years ($n=17$), $>2-5$ years ($n=24$), 6–10 years ($n=29$), 11–15 years ($n=29$), and ≥ 16 years ($n=31$). Body mass index, Robinson index, adaptation potential, vital and strength indices, Skibinski index, recovery after the Martinet test, and the total Apanasenko physical health score were assessed. These measures were combined into a standardized integrated energy-component index, with unfavorably directed variables inverted. The highest energy-component index

was observed at >2–5 years of service (0.44 ± 0.50 z units), and the lowest at 11–15 years (-0.45 ± 0.78 z units; $F=10.61$; $p<0.001$; $\eta^2=0.254$). At ≥ 11 years, the prevalence of overweight/obesity reached 72.4–74.2%, satisfactory adaptation was retained in only 27.6–38.7%, and low physical health was recorded in 80.6–82.8%. Age-adjusted differences remained significant for total physical health, the Robinson index, and post-exercise recovery. The pattern was nonlinear: the most favorable functional support occurred at >2–5 years, maximal strain at 11–15 years, and partial stabilization at ≥ 16 years, despite persistent adverse somatic features.

Ключевые слова: пожарные-спасатели, профессиональная адаптация, энергетический компонент, функциональные резервы, физическое здоровье, стаж службы.

Keywords: firefighter-rescuers, professional adaptation, energy component, functional reserves, physical health, years of service.

Профессиональная деятельность пожарных-спасателей относится к видам труда, в которых требуемый результат достигается при одновременном воздействии высокой физической нагрузки, дефицита времени, теплового фактора, средств индивидуальной защиты и выраженной эмоциональной мобилизации. Поэтому сохранение профессиональной надежности определяется не отдельным физиологическим показателем, а согласованностью нескольких звеньев функционального состояния. В системной концепции В. И. Медведева адаптация к деятельности рассматривается через соотношение результата и физиологической «цены» его достижения; индивидуальная стратегия определяется характером распределения функциональных ресурсов [1, 2].

Для пожарных-спасателей это придает особое значение оценке энергетического обеспечения деятельности — физического здоровья, кардиореспираторного резерва и способности к восстановлению.

Связь физической подготовленности с качеством выполнения профессиональных задач пожарных неоднократно подтверждалась в зарубежных исследованиях. Более высокий индекс массы тела и менее благоприятные показатели физической подготовленности ассоциировались с худшим выполнением имитационных пожарных задач [3].

Кардиореспираторная работоспособность снижается с возрастом, причем выраженность этого процесса модифицируется физической активностью и ожирением. При оценке способности к труду существенное значение имеют возраст, физическая активность и профессиональные характеристики, а накопление кардиометаболических факторов риска становится особенно заметным в старших возрастных группах пожарных. Современные исследования также демонстрируют, что сочетание аэробной мощности, силы, состава тела и сердечно-сосудистого здоровья связано с успешностью профессионально специфических тестов [4–9].

В то же время возраст и продолжительность службы тесно взаимосвязаны, поэтому их раздельная интерпретация требует статистического контроля. Для задач настоящего исследования принципиально важно перейти от описания единичных параметров к компонентной оценке функционального состояния. В уже обследованной когорте пожарных-спасателей ранее опубликованы результаты по вариабельности сердечного ритма и сенсомоторному реагированию [10–12].

Повторное представление этих данных не являлось целью настоящей работы. Отдельный анализ ранее не опубликованного блока физического здоровья, адаптационного потенциала, кардиореспираторных резервов и стандартизированного энергетического компонента

позволяет оценить иной аспект той же профессиональной адаптации и уменьшить содержательное пересечение с предшествующими публикациями.

Цель исследования — оценить стаж-зависимый профиль энергетического компонента функционального состояния, физического здоровья и кардиореспираторных резервов у пожарных-спасателей с учетом влияния возраста.

Материал и методы исследования

Работа представляет собой отдельный вторичный анализ данных поперечного наблюдательного исследования пожарных-спасателей, выполненного в июле 2025 г. в пожарных частях № 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 28 Управления МЧС Кыргызской Республики по г. Бишкек. В анализ включены 130 мужчин в возрасте $33,14 \pm 6,51$ года. Режим службы обследованных соответствовал схеме «сутки дежурства — трое суток отдыха»; обследование проводили в первой половине дня, с 09:00 до 13:00, в стандартных условиях.

Для оценки этапов профессиональной адаптации сформированы пять независимых групп: стаж ≤ 2 лет — 17 человек; $>2-5$ лет — 24; $6-10$ лет — 29; $11-15$ лет — 29; ≥ 16 лет — 31 человек. Средний возраст групп составлял соответственно $26,41 \pm 3,47$; $27,67 \pm 4,41$; $30,31 \pm 3,16$; $35,72 \pm 2,48$ и $41,29 \pm 3,63$ года. Между возрастом и стажем имелась тесная связь ($\rho=0,860$; $p<0,001$), поэтому возраст рассматривали как потенциальный конфаундер.

Антропометрическое обследование включало измерение роста и массы тела с расчетом индекса массы тела (ИМТ, $\text{кг}/\text{м}^2$). После предварительного отдыха регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС) и артериальное давление. Индекс Робинсона, отражающий двойное произведение и косвенную гемодинамическую стоимость работы миокарда, рассчитывали как $\text{ЧСС} \times \text{САД} / 100$.

Адаптационные возможности оценивали по индексу функциональных изменений (адаптационному потенциалу) Р. М. Баевского и А. П. Берсеновой [13]:

$\text{ИФИ} = 0,011 \times \text{ЧСС} + 0,014 \times \text{САД} + 0,008 \times \text{ДАД} + 0,014 \times \text{возраст} + 0,009 \times \text{масса} - 0,009 \times \text{рост} - 0,27$.

Значения $\leq 2,59$ усл. ед. относили к удовлетворительной адаптации; $2,60-3,09$ — к напряжению механизмов адаптации; $3,10-3,49$ — к неудовлетворительной адаптации; $\geq 3,50$ — к срыву адаптации.

Функциональные резервы дыхательной и мышечной систем оценивали по жизненной емкости легких, жизненному индексу (ЖЕЛ/масса тела), кистевой динамометрии с расчетом силового индекса и индексу Скибинского. Последний рассчитывали как $\text{ЖЕЛ (мл)} \times \text{время задержки дыхания (с)} / \text{ЧСС} / 100$. Реакцию на стандартную физическую нагрузку определяли пробой Мартинета: после отдыха обследуемый выполнял 20 приседаний за 30 с, после чего фиксировали время восстановления ЧСС до исходного уровня.

Уровень физического здоровья определяли экспресс-методом Г. Л. Апанасенко и Р. Г. Науменко [14], интегрирующим ИМТ, жизненный и силовой индексы, индекс Робинсона и восстановление после пробы Мартинета. Суммарную оценку ≤ 3 баллов трактовали как низкий уровень, $4-6$ — ниже среднего, $7-11$ — средний, $12-15$ — выше среднего, $16-18$ — высокий.

Основным результативным показателем настоящей статьи служил стандартизированный интегральный индекс энергетического компонента функционального состояния. В него включали суммарный балл физического здоровья, жизненный индекс, индекс Скибинского, адаптационный потенциал, индекс Робинсона и время восстановления после пробы Мартинета. Исходные значения переводили в z-шкалу внутри исследуемой когорты; показатели, увеличение которых означало менее благоприятное состояние (адаптационный потенциал, индекс Робинсона и время восстановления), предварительно инвертировали. Более

высокое итоговое значение соответствовало более благоприятному энергетическому профилю. Индекс рассматривали как операциональный показатель функционального обеспечения, а не как прямое измерение метаболических энергозатрат.

Показатели вариабельности сердечного ритма, простой и сложной зрительно-моторной реакции, ранее представленные для данной когорты, в анализ настоящей статьи не включали и повторно в таблицах не приводили [11, 12].

Статистическую обработку выполняли в SPSS 16.0. Распределение проверяли критерием Шапиро–Уилка. При соблюдении параметрических предпосылок использовали однофакторный ANOVA с последующим критерием Scheffé; при неоднородности дисперсий — ANOVA Уэлча и Games–Howell. Для ненормально распределенных показателей применяли критерий Краскела–Уоллиса с попарным критерием Манна–Уитни и поправкой Бонферрони. Категориальные переменные сравнивали критерием χ^2 Пирсона с оценкой V Крамера. Связи оценивали коэффициентом Спирмена. Влияние возраста контролировали частной корреляцией и ANCOVA. Уровень значимости принимали $p < 0,05$; для десяти попарных непараметрических сравнений после поправки Бонферрони — $p < 0,005$. Размер эффекта характеризовали η^2 , частичным η^2 или ε^2 .

Исследование одобрено этическим комитетом Международной Высшей школы медицины (протокол №3 от 17.10.2024 г.), проведено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Все участники дали добровольное информированное согласие; анализ выполнялся по обезличенным данным.

Результаты и их обсуждение

Возраст обследованных закономерно увеличивался вместе с продолжительностью службы: межгрупповой эффект был крупным ($F=83,46$; $p < 0,001$; $\eta^2=0,728$). Это обстоятельство не позволяет трактовать простые стажевые различия как изолированное следствие профессиональной экспозиции, поэтому ключевые выводы дополнительно проверяли после возрастной коррекции.

Таблица 1
СОСТАВ ГРУПП, ИНДЕКС МАССЫ ТЕЛА И ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПОНЕНТ ($M \pm SD$)

Стаж службы	<i>n</i>	Возраст, лет	ИМТ, кг/м ²	Энергетический компонент-
≤2 лет	17	26,41±3,47	23,86±2,89	0,30±0,47
>2–5 лет	24	27,67±4,41	23,94±2,95	0,44±0,50
6–10 лет	29	30,31±3,16	25,03±2,97	0,20±0,61
11–15 лет	29	35,72±2,48	28,42±5,16	–0,45±0,78
≥16 лет	31	41,29±3,63	27,47±3,72	–0,28±0,55

Примечание. Возраст: $F=83,46$; $p < 0,001$; $\eta^2=0,728$. ИМТ: ANOVA Уэлча=7,40; $p < 0,001$. Энергетический компонент: $F=10,61$; $p < 0,001$; $\eta^2=0,254$

Интегральный энергетический компонент имел выраженный нелинейный стажевой профиль (Таблица 1). Наиболее благоприятное значение зарегистрировано в группе >2–5 лет ($0,44 \pm 0,50$ z-ед.), тогда как минимум приходился на период 11–15 лет ($-0,45 \pm 0,78$ z-ед.). Общий эффект был крупным ($F=10,61$; $p < 0,001$; $\eta^2=0,254$). По критерию Scheffé статистически значимые различия установлены между группами ≤2 и 11–15 лет, >2–5 и 11–15 лет, >2–5 и ≥16 лет, а также 6–10 и 11–15 лет. Следовательно, ключевой особенностью оказалась не линейная потеря ресурсов с каждым годом службы, а формирование зоны максимальной уязвимости в среднем стажевом интервале 11–15 лет. Антропометрический компонент менялся

параллельно. В первых двух группах средний ИМТ соответствовал нормальной массе тела, тогда как при 11–15 и ≥ 16 лет он составлял $28,42 \pm 5,16$ и $27,47 \pm 3,72$ кг/м². Распределение категорий ИМТ различалось статистически значимо ($\chi^2=27,43$; $p=0,001$; V Крамера=0,325): избыточная масса или ожирение выявлялись у 35,3% обследованных со стажем ≤ 2 лет, у 37,5% при $>2-5$ лет, у 48,3% при 6–10 лет, у 72,4% при 11–15 лет и у 74,2% при ≥ 16 лет. Полученный профиль согласуется с данными о связи повышенной массы тела и недостаточной физической подготовленности с ухудшением выполнения пожарных задач, а также с возрастным накоплением кардиометаболических факторов риска [3, 6-9].

Таблица 2

АДАПТАЦИОННЫЕ, КАРДИОРЕСПИРАТОРНЫЕ
И ФИЗИЧЕСКИЕ РЕЗЕРВЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТАЖА СЛУЖБЫ

Показатель	≤ 2 лет	$>2-5$ лет	6–10 лет	11–15 лет	≥ 16 лет	p
Адаптационный потенциал, усл. ед.	2,30 [2,17; 2,44]	2,41 [2,24; 2,56]	2,36 [2,13; 2,50]	2,67 [2,59; 3,10]	2,69 [2,48; 2,93]	$<0,001$
Физическое здоровье, баллы	$3,06 \pm 3,51$	$5,67 \pm 3,61$	$2,86 \pm 4,53$	$-0,79 \pm 4,45$	$-0,03 \pm 3,54$	$<0,001$
Жизненный индекс, мл/кг	54,79 [48,00; 58,71]	56,40 [50,58; 58,27]	50,47 [44,86; 55,59]	45,29 [35,54; 54,22]	42,79 [37,78; 51,55]	$<0,001$
Индекс Скибинского, усл. ед.	25,73 [24,09; 37,44]	27,08 [22,23; 36,95]	23,04 [20,17; 31,98]	20,97 [13,91; 30,41]	20,73 [15,70; 30,74]	0,009
Индекс Робинсона, усл. ед.	90,48 [83,52; 93,00]	94,10 [82,76; 105,50]	84,36 [73,70; 99,36]	103,20 [93,16; 120,28]	89,76 [81,44; 103,05]	0,011
Восстановление Мартинета, с	130 [90; 160]	105 [75; 120]	140 [110; 160]	145 [100; 172,5]	130 [95; 170]	0,011

Примечание. Данные представлены как $M \pm SD$ или $Me [Q1; Q3]$. Для адаптационного потенциала $N=32,80$; для физического здоровья $F=11,17$; для жизненного индекса $N=23,37$; для индекса Скибинского $N=13,53$; для индекса Робинсона $N=13,14$; для восстановления $N=13,07$

Адаптационный потенциал характеризовался выраженной неоднородностью ($N=32,80$; $p<0,001$; $\varepsilon^2=0,230$). До 10 лет службы медианы соответствовали удовлетворительной адаптации. При 11–15 и ≥ 16 лет они переходили в диапазон напряжения механизмов адаптации. Доля лиц с удовлетворительной адаптацией составляла 82,4; 79,2 и 79,3% в первых трех группах и снижалась до 27,6% при 11–15 лет и 38,7% при ≥ 16 лет. Соответственно, напряжение или более неблагоприятные категории адаптации выявлялись у 72,4 и 61,3% работников двух старших стажевых групп. Суммарный уровень физического здоровья по Г. Л. Апанасенко был максимальным при стаже $>2-5$ лет ($5,67 \pm 3,61$ балла) и минимальным при 11–15 лет ($-0,79 \pm 4,45$ балла; $F=11,17$; $p<0,001$; $\eta^2=0,263$). Низкий уровень физического здоровья отмечался у 82,8% обследованных группы 11–15 лет и у 80,6% при стаже ≥ 16 лет. После введения возраста в ковариационную модель групповой эффект суммарного физического здоровья сохранялся ($p=0,004$; частичный $\eta^2=0,117$). Это подтверждает, что различия не полностью объясняются только календарным возрастом. Кардиореспираторный резерв также имел наиболее благоприятные характеристики на ранне-среднем этапе службы. Жизненный индекс уменьшался от 56,40 мл/кг в группе $>2-5$ лет до 45,29 мл/кг при 11–15 лет и 42,79 мл/кг при ≥ 16 лет ($N=23,37$; $p<0,001$). Индекс Скибинского снижался после 10 лет службы ($N=13,53$; $p=0,009$). Восстановление после пробы Мартинета было наиболее быстрым при стаже $>2-5$

лет — 105 с — и наиболее медленным при 11–15 лет — 145 с; возраст-скорректированный групповой эффект сохранялся ($p=0,034$; частичный $\eta^2=0,081$).

Индекс Робинсона достигал максимума в группе 11–15 лет — 103,20 усл. ед. ($N=13,14$; $p=0,011$; $\varepsilon^2=0,073$), указывая на более высокую гемодинамическую стоимость поддержания функциональной готовности. После учета возраста различия сохранялись ($p=0,016$; частичный $\eta^2=0,093$). Сочетание сниженного физического здоровья, более длительного восстановления и повышенного двойного произведения формирует физиологически согласованную картину напряжения энергетического обеспечения именно в интервале 11–15 лет. Без учета возраста стаж положительно коррелировал с ИМТ ($p=0,405$; $p<0,001$) и адаптационным потенциалом ($p=0,426$; $p<0,001$), а отрицательно — с баллом физического здоровья ($p=-0,414$; $p<0,001$), жизненным индексом ($p=-0,392$; $p<0,001$), силовым индексом ($p=-0,421$; $p<0,001$) и индексом Скибинского ($p=-0,308$; $p<0,001$). После контроля возраста эти линейные частные корреляции переставали быть статистически значимыми. В то же время возраст-скорректированные межгрупповые модели сохраняли ряд эффектов. Такое сочетание результатов указывает не на простой монотонный «стажевой градиент», а на фазовую, нелинейную организацию адаптации. Выявленный фазовый профиль можно интерпретировать как последовательность трех процессов. На этапе >2–5 лет завершение первичной профессиональной адаптации сочетается с экономичным использованием физического и кардиореспираторного резерва. После 6–10 лет начинают накапливаться неблагоприятные соматические факторы, прежде всего избыток массы тела. В период 11–15 лет эти изменения совпадают с минимальным интегральным энергетическим индексом и более высокой ценой восстановления. При стаже ≥ 16 лет часть показателей несколько улучшается по сравнению с предыдущей группой, однако высокая распространенность избыточной массы, низкого физического здоровья и напряжения адаптации сохраняется. Возможным объяснением частичной стабилизации является профессиональный отбор («эффект здорового работника») и изменение характера выполняемых обязанностей; поперечный дизайн не позволяет проверить этот механизм непосредственно. Полученные данные согласуются с исследованиями, в которых возраст, ожирение и недостаточная физическая активность рассматривались как значимые детерминанты кардиореспираторной подготовленности пожарных [4–6].

Современные работы показывают, что профессионально специфическая результативность связана не с одним параметром, а с совокупностью состава тела, аэробной мощности, мышечной силы и сердечно-сосудистого здоровья [7–9].

Наши результаты дополняют эти сведения тем, что в одной когорте демонстрируют нелинейное распределение интегрального энергетического ресурса по пяти этапам службы при обязательном контроле возраста. Недавние данные о раздельном влиянии возраста и лет службы на состояние пожарных также подтверждают необходимость такой аналитической стратегии [10].

Практически наиболее информативной представляется дифференцированная профилактика: при стаже 6–10 лет — ранний контроль массы тела и относительных физических резервов; при 11–15 лет — углубленная оценка физического здоровья, кардиореспираторного восстановления и гемодинамической стоимости нагрузки; при ≥ 16 лет — комплексный контроль хронических факторов риска и функциональных резервов. Эти предложения следует рассматривать как направление физиологического мониторинга, а не как клинические диагностические критерии.

Выводы

1. Энергетический компонент функционального состояния пожарных-спасателей изменяется по нелинейному фазовому типу: наиболее благоприятный профиль выявлен при стаже >2–5 лет, наиболее неблагоприятный — при 11–15 лет.

2. Период 11–15 лет характеризуется сочетанием минимального интегрального энергетического индекса, высокой частоты напряжения адаптации, низкого физического здоровья, избыточной массы тела, замедленного восстановления после стандартной нагрузки и повышенного индекса Робинсона.

3. Сохранение ряда межгрупповых различий после возрастной коррекции показывает, что выявленный профиль не сводится полностью к календарному возрасту; вместе с тем исчезновение большинства линейных частных корреляций подтверждает необходимость осторожно разделять эффекты возраста и длительности службы.

4. При стаже ≥ 16 лет наблюдается частичная стабилизация отдельных показателей по сравнению с группой 11–15 лет, однако распространенность неблагоприятных соматических и адаптационных характеристик остается высокой.

5. Оценка энергетического компонента, физического здоровья и кардиореспираторного восстановления может использоваться как отдельный блок функционального мониторинга пожарных-спасателей, особенно после 10 лет службы.

Благодарности: автор выражает благодарность участникам исследования и руководству пожарно-спасательных подразделений Управления МЧС Кыргызской Республики по г. Бишкек за организационное содействие.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы:

1. Медведев В. И. Адаптация человека. СПб.: Институт мозга человека РАН, 2003. 584 с.
2. Алдашева А. А. Индивидуальные стратегии адаптации // Физиология человека. 2014. Т. 40. №6. С. 15-22. <https://doi.org/10.7868/S0131164614060022>
3. Michaelides M. A., Parpa K. M., Henry L. J., Thompson G. B., Brown B. S. Assessment of physical fitness aspects and their relationship to firefighters' job abilities // Journal of Strength and Conditioning Research. 2011. V. 25. №4. P. 956-965. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc23ea>
4. Baur D. M., Christophi C. A., Cook E. F., Kales S. N. Age-Related Decline in Cardiorespiratory Fitness among Career Firefighters: Modification by Physical Activity and Adiposity // Journal of Obesity. 2012. V. 2012. Art. 710903. <https://doi.org/10.1155/2012/710903>
5. Firoozeh M., Saremi M., Kavousi A., Maleki A. Demographic and occupational determinants of the work ability of firemen // Journal of Occupational Health. 2017. V. 59. №1. P. 81-87. <https://doi.org/10.1539/joh.15-0296-FS>
6. Moffatt S. M., Stewart D. F., Jack K., Dudar M. D., Bode E. D., Mathias K. C., Smith D. L. Cardiometabolic health among United States firefighters by age // Preventive Medicine Reports. 2021. V. 23. Art. 101492. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2021.101492>
7. Chizewski A., Box A., Kesler R., Petruzzello S. J. Fitness Fights Fires: Exploring the Relationship between Physical Fitness and Firefighter Ability // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021. V. 18. №22. Art. 11733. <https://doi.org/10.3390/ijerph182211733>
8. Ras J., Smith D. L., Kengne A. P., Soteriades E. S., Leach L. Physical fitness, cardiovascular and musculoskeletal health, and occupational performance in firefighters // Frontiers in Public Health. 2023. V. 11. Art. 1241250. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1241250>

9. Ras J., Soteriades E. S., Smith D. L., Kengne A. P., Leach L. Evaluation of the relationship between occupational-specific task performance and measures of physical fitness, cardiovascular and musculoskeletal health in firefighters // *BMC Public Health*. 2024. V. 24. Art. 20. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-17487-6>
10. Chun J., Conner M. J., Mota J. A., Newman B., Dawes J. J., Martin S. E., Gonzalez D. E. Impact of Age and Years in the Fire Service on Firefighter Health and Physical Performance Outcomes // *Healthcare*. 2025. V. 13. №16. Art. 1946. <https://doi.org/10.3390/healthcare13161946>
11. Сатаркулова А. М., Айсаева Ш. Ю., Кульматова Ч. Э., Шахзаиб Хашми. Влияние стажа работы на функциональное состояние и сенсомоторные реакции пожарных-спасателей // *Вестник медицины и образования*. 2026. №2(12). С. 159-167.
12. Satarkulova A. M., Keneshova K. S., Almambetova A. A., Baidzhuranova A. M., Bashir Muhammad Usman, Sumbal Mehral Zia. Effect of work experience on sensorimotor responses in firefighters // *Eurasian Medical Journal*. 2025. №20. P. 3-10.
13. Баевский Р. М., Берсенева А. П. Введение в донозологическую диагностику. М.: Слово, 2008. 220 с.
14. Апанасенко Г. Л., Наumenko Р. Г. Соматическое здоровье и максимальная аэробная способность индивида // *Теория и практика физической культуры*. 1988. №4. С. 29-31.

References:

1. Medvedev, V. I. (2003). *Adaptatsiya cheloveka*. St. Petersburg. (in Russian).
2. Aldasheva, A. A. (2014). Individual'nye strategii adaptatsii. *Fiziologiya cheloveka*, 40(6), 15-22. (in Russian). <https://doi.org/10.7868/S0131164614060022>
3. Michaelides, M. A., Parpa, K. M., Henry, L. J., Thompson, G. B., & Brown, B. S. (2011). Assessment of physical fitness aspects and their relationship to firefighters' job abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(4), 956-965. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc23ea>
4. Baur, D. M., Christophi, C. A., Cook, E. F., & Kales, S. N. (2012). Age-Related Decline in Cardiorespiratory Fitness among Career Firefighters: Modification by Physical Activity and Adiposity. *Journal of Obesity*, Art. 710903. <https://doi.org/10.1155/2012/710903>
5. Firoozeh, M., Saremi, M., Kavousi, A., & Maleki, A. (2017). Demographic and occupational determinants of the work ability of firemen. *Journal of Occupational Health*, 59(1), 81-87. <https://doi.org/10.1539/joh.15-0296-FS>
6. Moffatt, S. M., Stewart, D. F., Jack, K., Dudar, M. D., Bode, E. D., Mathias, K. C., & Smith, D. L. (2021). Cardiometabolic health among United States firefighters by age. *Preventive Medicine Reports*, 23, 101492. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2021.101492>
7. Chizewski, A., Box, A., Kesler, R., & Petruzzello, S. J. (2021). Fitness Fights Fires: Exploring the Relationship between Physical Fitness and Firefighter Ability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22), 11733. <https://doi.org/10.3390/ijerph182211733>
8. Ras, J., Smith, D. L., Kengne, A. P., Soteriades, E. S., & Leach, L. (2023). Physical fitness, cardiovascular and musculoskeletal health, and occupational performance in firefighters. *Frontiers in Public Health*, 11, 1241250. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1241250>
9. Ras, J., Soteriades, E. S., Smith, D. L., Kengne, A. P., & Leach, L. (2024). Evaluation of the relationship between occupational-specific task performance and measures of physical fitness, cardiovascular and musculoskeletal health in firefighters. *BMC Public Health*, 24, 20. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-17487-6>

10. Chun, J., Conner, M. J., Mota, J. A., Newman, B., Dawes, J. J., Martin, S. E., & Gonzalez, D. E. (2025). Impact of Age and Years in the Fire Service on Firefighter Health and Physical Performance Outcomes. *Healthcare*, 13(16), 1946. <https://doi.org/10.3390/healthcare13161946>
11. Satarkulova, A. M., Ajsaeva, Sh. Yu., Kul'matova, Ch. E., & Shakhzaib, Khashmi (2026). Vliyanie stazha raboty na funktsional'noe sostoyanie i sensomotornye reaktsii pozharnykh-spasatelej. *Vestnik meditsiny i obrazovaniya*, (2(12)), 159-167. (in Russian).
12. Satarkulova, A. M., Keneshova, K. S., Almambetova, A. A., Baidzhuranova, A. M., Bashir Muhammad, Usman, & Sumbal Mehral, Zia. (2025). Effect of work experience on sensorimotor responses in firefighters. *Eurasian Medical Journal*, (20), 3-10.
13. Baevskij, R. M., & Berseneva, A. P. (2008). Vvedenie v donozologicheskuyu diagnostiku. Moscow. (in Russian).
14. Apanasenko, G. L., & Naumenko, R. G. (1988). Somaticheskoe zdorov'e i maksimal'naya aerobnaya sposobnost' individa. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*, (4), 29-31. (in Russian).

Поступила в редакцию
17.08.2026 г.

Принята к публикации
26.08.2026 г.

Ссылка для цитирования:

Сатаркулова А. М. Энергетический компонент функционального состояния пожарных-спасателей на различных этапах профессиональной адаптации // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №10. С. 307-315 . <https://doi.org/10.33619/2414-2948/131/32>

Cite as (APA):

Satarkulova, A. (2026). The Energy Component of the Functional State in Firefighter-Rescuers Across Stages of Professional Adaptation. *Bulletin of Science and Practice*, 12(10), 307-315. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/131/32>