

В.М. Батюшев¹, А.Д. Ищенко², Г.В. Талалаева¹, К.В. Легенький¹
(¹Уральский институт ГПС МЧС России, ²Академия ГПС МЧС России;
e-mail: urigdzs@mail.ru)

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГОТОВНОСТИ ГАЗОДЫМОЗАЩИТНИКОВ К РАБОТЕ В ДЫХАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ

Проведена оценка готовности группы курсантов Уральского института ГПС МЧС России к работе в непригодной для дыхания среде.

Ключевые слова: отказ дыхательного оборудования.

V.M. Batyushev, A.D. Ishchenko, G.V. Talalaeva, K.V. Legenki
**A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE READINESS
OF FIREFIGHTERS TO WORK IN BREATHING APPARATUS**

An assessment of readiness of group of cadets from the Urals Institute of the State Fire Service of the Emercom of Russia to work in unbreathable environment was carried out.

Key words: failure of the breathing equipment.

21 февраля 2017

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 11 февраля 2017 г.

Исследование подготовленности личного состава **газодымозащитной службы (ГДЗС)** является необходимостью в связи с увеличением частоты использования при ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) первичных тактических подразделений (звеньев) ГДЗС [8]. Тушение 70 % пожаров в стране производится с привлечение сил и средств газодымозащитной службы. В результате этого участились травмы и гибель газодымозащитников. Газодымозащитниками являются сотрудники из числа лиц рядового и начальствующего состава Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы, работники территориальных органов МЧС России, слушатели и курсанты учреждений МЧС России, допущенные к самостоятельному использованию **средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД)** [2]. Основным СИЗОД при работе в **непригодной для дыхания среде (НДС)**

является **дыхательный аппарат со сжатым воздухом (ДАСВ)**, заявленное (номинальное) **время защитного действия (ВЗД)**, которого составляет 60 мин. [1]. Определяется оно на специальном стенде при средней нагрузке (30 л/мин.) и температуре 25 °С. Фактически же ДАСВ "хватает" на 30-40 мин., так как специфика применения звеньев ГДЗС, особенно на этапах разведки и развёртывания сил и средств, требует максимальной концентрации психофизических усилий и быстроты действий. Потребление воздуха, вследствие высоких нагрузок, составляет 60-100 л/мин. Тренировочный процесс подготовки газодымозащитников строится на развитии общей физической работоспособности.

сти, специальной квалификационной подготовки с выполнением профессионально-прикладных упражнений, а также адаптации к стрессовым ситуациям в условиях **опасных факторов пожара (ОФП)** на основании "Программы подготовки" и "методических рекомендаций"[4].

Дыхание является одним из жизненно необходимых физиологических процессов. Процесс дыхания обеспечивает обогащение организма кислородом и избавляет организм от диоксида углерода. Процесс газообмена во время дыхания происходит в лёгочных альвеолах путём пассивной диффузии газов между альвеолярным газом и кровью в капиллярах лёгких. После растворения газов в крови, сердце переносит обогащённую кислородом кровь по организму. Обычное дыхание у человека называется нормальным дыханием. Помимо удаления из организма диоксида углерода, во время дыхания из организма удаляется жидкость, так как выдыхаемый воздух имеет относительную влажность 100 %, что хорошо заметно при выдохе на морозном воздухе. Дыхание является одной из функций организма, которые управляются как сознательно, так и бессознательно.

При физических нагрузках дыхание, как правило, усиливается. Обмен веществ ускоряется, мышцам требуется больше кислорода. Выполнение тяжёлой и сверхтяжёлой работы при ликвидации ЧС является обычным делом в повседневной деятельности пожарно-спасательных подразделений. По затратам энергии пожарных-спасателей можно сравнить со спортсменами. У тех и других степень подготовленности определяется уровнем **физической работоспособности (ФР)**. Но, если у спортсмена механизмом повышения уровня ФР является увеличение потребления кислорода, то для газодымозащитника этот метод является неприемлемым, так как запас воздуха в баллоне ДАСВ ограничен. Повышение уровня ФР и при этом снижение потребления воздуха (кислорода) газодымозащитниками являются целью авторских исследований.

Необходимость проверки системы подготовки личного состава ГДЗС для работы в непригодной для дыхания среде на достоверность, информативность и надёжность возникла в результате анализа научной и специальной литературы, обзоров деятельности газодымозащитной службы за 5 лет и уровнем подготовленности курсантов Уральского института ГПС МЧС России.

Проблема снижения работоспособности при работе в НДС обуславливается многими факторами:

- возраст;
- психологическое состояние;
- оснащение (**средства индивидуальной защиты – СИЗ** (специальная одежда, шлем, пожарный пояс, ДАСВ) газодымозащитника;
- профессиональная подготовка.

Для определения физической подготовленности курсантов в возрасте 19-21 года был проведён степ-тест в соответствии с Методическими рекомендациями по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы ФПС МЧС России (вариант № 1). Через месяц степ-тест был проведён повторно, но курсанты были экипированы в СИЗ – специальную защитную одежду, шлем, пожарный пояс, ДАСВ (вариант № 2).

В основу методики положен метод функциональной пробы PWC_{170} с дозированной физической нагрузкой и определением частоты пульса [7]. Физическая работоспособность в этой пробе выражается в величинах той мощности физической нагрузки, при которой **частота сердечных сокращений (ЧСС)** достигает 170 уд./мин. Выбор именно этого значения ЧСС основан на следующих двух положениях.

Первое положение заключается в том, что зона адекватного функционирования кардиореспираторной системы с физиологической точки зрения ограничивается диапазоном изменения ЧСС от 100-110 до 170-180 уд./мин. Следовательно, с использованием этой пробы можно установить ту интенсивность физической нагрузки, которая "выводит" деятельность сердечно-сосудистой системы, а вместе с ней и всей кардиореспираторной системы, в область оптимального функционирования.

Второе положение базируется на том, что взаимосвязь между ЧСС и мощностью выполняемой физической нагрузки имеет линейный характер у большинства здоровых людей вплоть до ЧСС, равной 170 уд./мин. При более высокой ЧСС линейный характер зависимости между ЧСС и мощностью физической нагрузки нарушается.

Для проведения теста применяются секундомер, метроном, две ступеньки для дозирования нагрузки высотой 50 см и 25 см, шириной каждая не менее 40 см, глубиной 35 см, пульсотохограф.

Методика проведения теста

Обследуемый становится лицом к ступеньке и после подготовительной команды "Внимание, марш!" начинает выполнять первую работу по подъёму на ступеньку высотой 25 см в ритме метронома, одновременно включается секундомер. На счёт "раз" он ставит ногу на ступеньку; на "два" встаёт на неё обеими ногами, выпрямляет ноги и принимает строго вертикальное положение; на "три" опускает на пол ту же ногу, с которой начинал восхождение; на "четыре" становится двумя ногами на пол. Начинать и заканчивать тест надо всегда с одной и той же ноги. По ходу выполнения теста разрешается несколько раз менять ногу. При подъёме и спуске руки совершают обычные для ходьбы движения. Частота сердечных сокращений фиксируется дистанционно сразу после 5-й (последней) минуты работы. Сразу же после 3-минутного отдыха газодымозащитник выполняет вторую нагрузку – восхождение на ступеньку высотой 50 см в том же темпе. Продолжительность второй нагрузки – 5 мин. При начальных признаках снижения темпа выполнения второй нагрузки преподавателем применялось психологическое стимулирование курсантов до полного завершения ими упражнения.

Условия проведения теста:

- форма одежды обследуемого – повседневная (вариант № 1), в СИЗ (вариант № 2);
- частота восхождения на ступеньку при первой и второй нагрузках – 30 подъёмов в 1 мин. (маятник метронома устанавливается на 120 уд./мин.);

- восхождение на ступеньки выполняется в четыре шага, каждому из которых соответствуют один удар метронома;
- время выполнения каждой физической нагрузки – 5 мин.;
- время отдыха между 1 и 2 нагрузками – 3 мин.

Перед началом проведения теста обследуемого необходимо ознакомить с техникой его проведения и позволить выполнить 2-3 пробных восхождения.

Частота сердечных сокращений фиксируется сразу после 5-й (последней) минуты работы.

Величина PWC_{170} рассчитывалась по формуле:

$$PWC_{170} = \frac{\left[N_1 + (N_2 - N_1) \cdot \frac{(170 - P_1)}{(P_2 - P_1)} \right]}{M},$$

где P_1 и P_2 – частота сердечных сокращений в первой и второй нагрузках, уд./мин.;

N_1 – мощность первой нагрузки, кгм/мин.;

N_2 – мощность второй нагрузки, кгм/мин.;

M – масса тела обследуемого газодымозащитника, кг.

Мощность нагрузки рассчитывается по формуле:

$$N = P \cdot h \cdot n,$$

где N – мощность первой и второй нагрузок, кгм/мин.;

P – масса тела, кг;

h – высота ступеньки, м;

n – суммарное количество циклов восхождения.

В исследовании участвовали 48 курсантов в возрасте 19-21 года.

Полученные результаты

По варианту № 1 количество курсантов, которым потребовалось дополнительное психологическое стимулирование для выполнения теста, составило 5 %. В их число вошли курсанты, у которых накануне были интенсивные спортивные тренировки либо служба в суточных нарядах. Вариант № 2 без дополнительного психологического стимулирования выполнили от 60 до 70 % курсантов, прошедших тестирование, из разных учебных групп.

В ходе определения уровня PWC по варианту № 2 авторы столкнулись с некоторыми проблемами. Например, при восхождении на ступеньку 50 см 30-40 % курсантов вследствие недостаточной подготовленности и тренированности самостоятельно снижали темп, мотивируя это наступлением усталости. Объяснить это можно тем, что при превышении определённого уровня интенсивности происходит активация некоего механизма, посредством которого организм переходит на полностью анаэробное энергообеспечение, где в качестве источника энергии используется исключительно углеводы, интенсивность нагрузки в течение нескольких минут, в зависимости от уровня подготовленности курсанта, резко снижается (либо работа вовсе прекращается) вследствие накопления молочной кислоты, которая становится причиной нарастающей

мышечной усталости. Поэтому оперативно приходилось акцентировать внимание этих курсантов на данной проблеме и добиваться "попадания" в темп, несмотря на усталость.

Более серьезной проблемой у 10 % исследуемых явилось прекращение подачи воздуха на дыхание дыхательным аппаратом. Курсанты при этом впадали в панику, срывая с себя маску. Дыхательный аппарат "отказывался" подавать воздух, хотя его количество в баллоне было значительным. В результате осмотра дыхательного оборудования после тестовых испытаний, причина прекращения подачи воздуха была установлена. Газовый редуктор, который понижает давление с высокого (10-300 *атм.*) до редуцированного (6-10 *атм.*), был заполнен снеголедяной массой. Это явление описано в научной литературе как эффект Джоуля-Томсона.

Дросселирование газа (воздуха) – понижение давления в потоке газа (воздуха) при прохождении его через дроссель – местное гидродинамическое сопротивление (редуктор, клапан, кран, вентиль). При дросселировании реального газа температура меняется (эффект Джоуля-Томсона). Для одного и того же вещества может быть положительным (газ при дросселировании охлаждается) и отрицательным. Эффект Джоуля-Томсона является одним из способов получения низких температур в комбинации с адиабатическим расширением при сжижении газов. На практике при больших перепадах давления на дросселе температура газа может изменяться довольно значительно (интегральный эффект Джоуля-Томсона). Например, при дросселировании от 200 *атм.* до 1 *атм.* и начальной температуре 17 °С воздух охлаждается на 35 °С.

Из табл. 1 видно, что в среднем падение работоспособности составило 39,69 %, а так как уровень подготовленности курсантов различный, разница при варианте № 2 между максимальным и минимальным падением работоспособности составила существенную величину – 71,83 %. Примечательно, что между более и менее подготовленными курсантами существует значительная разница в показателях, превышающая ошибку медико-биологических исследований, равную 5 %.

Таблица 1

Результаты показателей PWC_{170} при выполнении работ различной степени тяжести (вариант № 2)

Индекс работоспособности	Значения и динамика PWC	
	Вариант № 1 (без нагрузки)	Вариант № 2 (с нагрузкой)
Средние значения исследуемого показателя в группе курсантов $PWC_{ср}$	12,81	7,71
Динамика показателя PWC при варианте № 2 при сравнении с вариантом № 1	Изменение, %	
В среднем по группе	↓39,69	
У курсанта с наихудшим показателем PWC_{max} при варианте № 2	↓79,13	
У курсанта с наилучшим показателем PWC_{min} при варианте № 2	↓7,3	

Выявленный разброс показателей можно объяснить неоднородностью долгосрочных психофизиологических стратегий адаптации курсантов к нагрузкам, которые вызваны синергетическим эффектом физического, гипоксического и психологического стресса. Обратим внимание на тот факт, что исходно тестируемые успешно прошли отбор на профессиональную пригодность. Однако, отборочные тесты по уровню физического развития и уровню тревожности (тест Тейлора), нейротизма (тест Айзенка), технического мышления (тест Беннета), а также способности к сосредоточенности внимания, восприятия и переработки информации, проведенные при поступлении в институт соответственно сотрудниками кафедры физической культуры и спорта и группой психологического обеспечения института) [3], не предусматривали исследование устойчивости к пролонгированным нагрузкам, связанным с работой в изолирующих аппаратах.

Не исключено, что разброс показателей теста обусловлен не выявленной ранее неоднородностью курсантов по их устойчивости к комплексу профессиональных нагрузок деятельности газодымозащитника.

Возможно, что различие в результатах тестирования при исходной схожести показателей профотбора абитуриентов и их допуске к профессии пожарного объясняется наличием нескольких адаптивных типов внутри учебных групп. В частности, типов "спринтер", "стайер", "микст" [6]. Медико-биологические исследования в области экстремальной медицины свидетельствуют о том, что адаптивные типы человека во многом определяются его фенотипическими особенностями метаболических процессов и возможностями их адаптации к кратковременным, среднесрочным и долгосрочным нагрузкам [5].

Таким образом, в структуру комплексной оценки готовности курсантов к профессиональной деятельности в изолирующих аппаратах были положены два критерия:

- эффективность функционирования сердечно-сосудистой системы (динамика *PWC*);
- спектр поведенческих реакций тестируемых на большие физические нагрузки, выполняемые в изолирующих дыхательных аппаратах.

Установлено, что отбор в профессию пожарного не позволяет с необходимой точностью прогнозировать психофизиологическую реакцию человека в обстановке, типичной для газодымозащитника. Показан большой разброс показателей сердечно-сосудистой системы и поведенческих реакций тестируемых при выполнении специальных упражнений.

Случаи психофизиологической дезадаптации и несоблюдения правильного режима дыхания при тяжёлых физических нагрузках иногда провоцировали отказ дыхательного оборудования. Данные ситуации могут быть причиной гибели газодымозащитников при выполнении задач в непригодной для дыхания среде.

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: федер. закон РФ от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ.
2. Приказ МЧС России от 9 января 2013 г. № 3 "Об утверждении Правил проведения личным составом Федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы аварийно-спасательных работ при тушении пожаров с использованием средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения в непригодной для дыхания среде".
3. Приказ ГУГПС МВД России от 9 ноября 1999 г. № 86 "Об утверждении нормативных актов по газодымозащитной службе Государственной противопожарной службы МВД России".
4. Методические рекомендации по организации и проведению занятий с личным составом газодымозащитной службы ФПС МЧС России (Утв. главным военным экспертом министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий 30 июня 2008 г. № 2-4-60-14-18).
5. Агаджанян Н. А., Мишустин Ю. Н., Левкин С. Ф. Хроническая гипоксемия системный патогенный фактор. Самара: Самарский Дом печати, 2005. 136 с. <http://elib1.ngonb.ru/jspui/handle/NGONB/164>.
6. Казначеев В. П. Современные аспекты адаптации. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1980. 191 с.
7. <http://lawru.info/dok/1999/11/09/n402360.htm>.
8. Карпман В. Л., Белоцерковский З. Б., Гудков И. А. Тестирование в спортивной медицине. М.: Физкультура и спорт, 1988. 208 с.
9. Специализированные подразделения пожарной охраны / Киселев Д. В., Ищенко А. Д., Кириченко К. Ю., Соковнин А. И., Жуков А. О. // История пожарной охраны и современная пожарная охрана: матер. междунар. науч.-практ. конф. 2016. С. 100-108.

References

1. Tehniceskij reglament o trebovanijah pozharnej bezopasnosti: feder. zakon RF ot 22 ijulja 2008 g. No 123-FZ.
2. Prikaz MChS Rossii ot 9 janvarja 2013 g. No 3 "Ob utverzhenii Pravil provedenija lichnym sostavom Federal'noj protivopozharnoj sluzhby Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby avarijno-spasatel'nyh rabot pri tushenii pozharov s ispol'zovaniem sredstv individual'noj zashhity organov dyhanija i zrenija v neprigodnoj dlja dyhanija srede".
3. Prikaz GUGPS MVD Rossii ot 9 nojabrja 1999 g. No 86 "Ob utverzhenii normativnyh aktov po gazodymozashhitnoj sluzhbe Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MVD Rossii".
4. Metodicheskie rekomendacii po organizacii i provedeniju zanjatij s lichnym sostavom gazodymozashhitnoj sluzhby FPS MChS Rossii (Utv. glavnym voennym jekspertom ministerstva Rossijskoj Federacii po delam grazhdanskoj oborony, chrezvychajnym situacijam i likvidacii posledstvij stihijnyh bedstvij 30 ijunya 2008 g. No 2-4-60-14-18).
5. Agadzhanjan N. A., Mishustin Ju. N., Levkin S. F. Hronicheskaja gipokapniemija sistemnyj patogennyj faktor (Chronic hypokalaemia systemic pathogenic factor). Samara: Samarskij Dom pečati, 2005. 136 s. <http://elib1.ngonb.ru/jspui/handle/NGONB/164>.
6. Kaznacheev V. P. Sovremennye aspekty adaptacii (Modern aspects of adaptation). Novosibirsk: Nauka, Sib. otd-nie, 1980. 191 p.
7. <http://lawru.info/dok/1999/11/09/n402360.htm>.
8. Karpman V. L., Belocerkovskij Z. B., Gudkov I. A. Testirovanie v sportivnoj medicine (Testing in sports medicine). M.: Fizkul'tura i sport, 1988. 208 p.
9. Specializirovannye podrazdelenija pozharnoj ohrany (Specialized fire departments) / Kiselev D. V., Ishhenko A. D., Kirichenko K. Ju., Sokovnin A. I., Zhukov A. O. // Istorija pozharnoj ohrany i sovremennaja pozharная охрана: mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 2016. Pp. 100-108.