

**ПРОГРАММА МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРИ  
ПРОВЕДЕНИИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО ДЛИТЕЛЬНОЙ  
ГЕРМЕТИЗАЦИИ ЧЕЛОВЕКА В ГИПОКСИЧЕСКОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ**

<sup>1</sup>Заходякина К.Ю., <sup>2</sup>Бородин А.В., <sup>3</sup>Кузьмин А.В., <sup>4</sup>Костылев А.Н.,  
<sup>5</sup>Караханян К.С.

*1 - ФГБОУ ВО «НГУ им. П.Ф. Лесгафта, Россия, Россия,  
г. Санкт-Петербург;*

*2- ФГАОУ ВО «СПбГЭУ «ЛЭТИ» Минобразования РФ, Россия,  
г. Санкт-Петербург;*

*3 - Федеральный научно-клинический центр спортивной медицины и  
реабилитации, Россия, Москва;*

*4-ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет»  
Минздрава России, Россия, г. Краснодар;*

*5-ФГБОУ ВО «Ростовский государственный медицинский университет»  
Минздрава России, Россия, г. Ростов-на-Дону;*

**Актуальность.** Профессиональная деятельность персонала обитаемых герметизируемых объектов (ГОО) специального назначения, в частности, личного состава подводных лодок (ПЛ) протекает в особых условиях обитаемости, к которым, кроме длительного пребывания в режиме изоляции и сопровождающей ее комплекса измененных факторов внешней среды, относится гиподинамия - ограничение привычной для человека двигательной активности [1, 2, 5, 6]. В настоящее время на современные высоко технологичные ГОО внедряются нормобарические гипоксические газовые среды (НГГС), обеспечивающие повышение пожаробезопасности объекта, но при этом являющиеся дополнительным неблагоприятным фактором обитаемости для личного состава.

Естественно, что внедрению таких НГГС на реальные ГОО должны предшествовать стендовые испытания, направленные на всестороннюю оценку функционального состояния добровольцев для проверки допустимости длительного пребывания в заданных условиях обитаемости. Одним из ключевых направлений таких исследований является оценка влияния НГГС на физическую работоспособность человека, поскольку при эксплуатации реальных ГОО высокая физическая подготовленность личного состава является одним из профессионально важных качеств. Это особенно важно в случае развития на объекте нештатных ситуаций или аварий и борьбе экипажа за живучесть. При этом известно, что пребывание в гипоксической среде значительно снижает пределы физических возможностей человека [3, 4], поэтому, несмотря на всю сложность задачи поддержания высокой физической подготовленности экипажа в период длительной герметизации, данная задача должна обязательно решаться путем разработки адаптированных программ физических упражнений для всех категорий специалистов ГОО.

**Цель исследования** – разработка программы физических упражнений, направленных на моделирование мышечной деятельности при проведении

стендовых испытаний по длительной герметизации добровольцев в НГГС, апробация, оценка безопасности и эффективности данной программы для поддержания физической подготовленности участников испытаний.

**Материалы и методы.** В исследованиях участвовали 6 мужчин в возрасте 28-53 лет, которые в течение 100 суток находились в условиях изоляции на испытательном стенде, состоящем из 2 жилых помещений и позволяющем создавать и поддерживать НГГС заданного состава (кислород – около 18% об., диоксид углерода – до 0,8 %, азот- остальное – НГГС-18) [7]. Все добровольцы были застрахованы на случай причинения вреда здоровью, были признаны годными по состоянию здоровья к выполнению работ в измененных условиях внешней среды и подписали добровольное информированное согласие на участие в испытаниях.

Разработанная программа физических упражнений осуществлялась с использованием тренажерного оборудования, размещенного в одном из помещений стенда. Основными принципами, которыми мы руководствовались при моделировании физической деятельности испытателей на этапе герметизации, являлись: приближение по объему выполняемых работ к таковым у специалистов «моторного» профиля деятельности, чередование интенсивных и легких нагрузок, статических и динамических усилий, направленных на все основные группы мышц.

Для обеспечения безопасности добровольцев при работе с тренажерами и утяжеляющими предметами, формирования умений и навыков выполнения сложных физических упражнений, обучения правилам разминки, расслабления и восстановления функций мышц после нагрузок, на этапе подготовки проведена серия инструкторско-методических занятий и тренировок.

Задания включали силовую подготовку, работу на велотренажере, отработку элементов рукопашного боя, индивидуальные специальные программы физических упражнений, игровые упражнения. Общая продолжительность каждого задания, включающего этапы разминки, основную часть, заключительную часть, периоды «внутрирабочего» отдыха и т.д., соответствовали длительности вахтенной смены. При моделировании интенсивности силовых упражнений испытателей (низкая, средняя, значительная) учитывали индивидуальный исходный уровень их физической подготовленности: ниже среднего, средний, выше среднего уровня.

Выбор интенсивности физических нагрузок в зависимости от уровня физической подготовленности испытателей представлен в таблице 1.

Таблица 1 Задаваемая интенсивность физических нагрузок в зависимости исходного от уровня физической подготовленности испытателей

Уровень физической подготовленности	Интенсивность нагрузки Число «подходов»		
	Низкая	Средняя	Значительная
Ниже среднего	2-3	3-4	5-6
Средний	3-4	5-6	6-8
Выше среднего	5-6	6-8	8-12

Моделирование физической деятельности заключалось в выполнении 2 чередующихся заданий, различающихся по распределению нагрузки на основные мышечные группы. На типовом задании № 1 «прорабатывалась» одна часть мышечных групп, на тренировке № 2 - другая половина тренируемых мышц, что удовлетворяет физиологическим потребностям восстановления и снижает риск «перетренированности» и повреждения опорно-двигательного аппарата. Распределение разработанных упражнений по направленности на тренировку различных мышечных групп представлено в таблице 2.

Таблица 2 Содержание типовых заданий по моделированию силовой мышечной деятельности испытуемых на этапе герметизации

№	Группа мышц	Наименование упражнения на тренажере	Номер задания	
			1	2
1	Бицепс плеча	Сгибание предплечий сидя, стоя со штангой, гантелями, на блоке		+
2	Трицепс	Французский жим лежа и сидя на скамье, отведение прямых рук с гантелями стоя, разгибание предплечий на блоке тренажера		+
3	Дельтовидная мышца	Поднимание рук вперед и в стороны на кроссовере или с гантелями		+
4	Широчайшая мышца спины	Тяга под различными углами на тренажере или тяга штанги к тазу стоя; тяга на блоке сверху разным хватом	+	
5	Мышцы брюшного пресса	Поднимание туловища на коврике, поднимание ног, упражнение в парах, статические упражнения на гимнастическом коврике	+	+
6	Большая грудная мышца	Жим штанги на горизонтальной или наклонной скамье, разведение рук с гантелями лежа, жим на блоке тренажера, пуловер (упражнение на нижнюю часть груди)	+	
7	Квадрицепс, бицепс бедра	Приседание со штангой, разгибание голени на тренажере, сгибание голени на тренажере	+	
8	Мышцы нижней части спины	Становая тяга штанги, становая тяга гири, тяга сидя на блоке (тренажера), поднимание туловища на коврике		+
9	Трапециевидная мышца	Поднимание плеч со штангой в руках к голове; тяга сверху за голову широким хватом на вертикальном блоке	+	

Задания по выполнению силовых упражнений включали 2 этапа: подготовительный (I этап) и основной (II этап). Длительность первого этапа определялась индивидуальной успешностью освоения предписываемых заданий, составляя примерно 1 мес. Далее в процессе герметизации выполнялись задания II этапа.

Руководствуясь принципом постепенности в упражнениях на тренажере и со свободными весами, на подготовительном этапе использовался «метод повторных усилий» с небольшими и средними отягощениями (40 - 50% от собственного веса испытуемых). Особое внимание уделяли корректирующим тренировкам, направленным на правильное выполнение упражнений на выбранную группу мышц, правильное дыхание и т.д.

В основной этап наряду с методом повторных усилий включали «метод максимальных усилий» (70 - 90 % от веса собственного тела), а в дальнейшем, при моделировании интенсивной работы, - 70 - 90 % от максимально возможной для испытуемого нагрузки.

В соответствии с индивидуальными особенностями исходного уровня физической подготовленности испытуемых, успешностью течения адаптационного процесса в процессе герметизации, порядок и содержание типовых заданий изменяли и корректировали при сохранении основных изложенных выше принципов.

Функциональное состояние и работоспособность испытуемых в динамике герметизации оценивали с использованием комплексных физиологических, психофизиологических, клинико-лабораторно-инструментальных и иных исследований. В данной работе будут приведены результаты выполнения испытуемыми функциональных проб с локальной (динамометрия) и общей анаэробной (проба Мартине) нагрузками.

Контрольные обследования выполнялись на 5-е сутки герметизации и затем через каждые 10 дней.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программы «Statistica» v. 10.0. Уровень значимости различий оценивали по критерию Вилкоксона. Нулевая гипотеза отвергалась при  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Все испытуемые выполнили запланированную программу 100-суточной герметизации, случаев соматических заболеваний, отказов от проведения запланированных работ, снижения мотивации к их продолжению не зарегистрировано. Наблюдавшиеся в процессе изоляции колебания функционального состояния, эмоционального фона, работоспособности, в целом, соответствовали таковым при длительных «рабочих» циклах специалистов с особыми условиями труда [6].

Результаты первичного обследования показали (таблица 3), что в исходном состоянии у всех испытуемых имели место нормальные величины показателей, характеризующих вегетативное обеспечение кратковременной анаэробной работы (20 приседаний за 30 с - проба Мартине).

Судя по значениям коэффициента выносливости (КВ), рассчитанного по показателям ЧСС и АД после окончания пробы, функциональные возможности организма у всех испытуемых находились на среднем (4 человека, КВ 4-6 у.е.) или высоком (2 человека, КВ - менее 4 у.е.) уровне. Анализ данных динамического наблюдения выявил, что в процессе герметизации существенного снижения устойчивости организма к выполнению кратковременной анаэробной работы не происходило.

У всех испытуемых на различных этапах герметизации имели место разнонаправленные колебания вегетативного обеспечения данной работы, судя по динамике физиологических показателей (САД, ДАД, ЧСС), определяемых непосредственно после окончания проб. При этом в случае негативных сдвигов КВ, свидетельствующих о снижении функциональных возможностей вегетативного обеспечения данной деятельности, их выраженность не превышала 0,5 у.е. (10-12%) от нормоксического уровня.

Что касается отмеченного нами у всех испытуемых улучшения показателей кистевой динамометрии, то, по всей видимости, данный факт объясняется систематическими занятиями силовыми упражнениями. Поэтому основным выводом, следующим из анализа данных, полученных с использованием методики кистевой динамометрии, является отсутствие негативных эффектов длительной герметизации на силовые характеристики мышечных групп у всех испытуемых.

Таблица 3 - Показатели пробы Мартине и кистевой динамометрии испытуемых (n=6) на этапах наблюдения (в период герметизации - пребывание НГГС-18), Me (Q<sub>25</sub>; Q<sub>75</sub>)

Этап обследования	Проба						
	Показатель, ед. изм.						
	Проба Мартине					Динамометрия	
	Пульс за 15 с, уд.	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	СаО <sub>2</sub> , %	КВ, у. е.	Правая кисть, кг	Левая кисть, кг
1 этап (первичное обследование)	27 (25; 28)	128 (115; 140)	60 (55; 60)	98 (97; 98)	4,25 (3,62; 4,91)	59,4 (56,3; 63,1)	54,0 (49,7; 58,2)
2 этап (5-е сут. герметизации)	27 (25; 30)	115,0 (110,0; 125,0)	55 (45; 60)	97 (97; 97)	4,58 (4,00; 4,67)	53,0 (45,0; 60,0)	53,0 (40,0; 50,5)
3 этап (15-е сут. герметизации)	23 (22; 26)	135 (110; 140)	57 (55; 72)	95 (94; 96)	3,43 (3,01; 4,91)	53,6 (49,0; 60,0)	50,6 (46; 58,2)
4 этап (25-е сут. герметизации)	25 (24; 25)	121 (112; 130)	60 (55; 72)	96 (95; 98)	4,20 (3,51; 5,40)	58,3 (53,3; 60,0)	53,6 (52,1; 56,1)
5 этап (35-е сут. герметизации)	26 (23; 29)	128 (118; 140)	70 (60; 75) p=0,043 p1=0,043	96 (93; 97)	4,33 (4,00; 5,34)	58,9 (49,2; 60,7)	51,5 (48,5; 57,9)
6 этап (45-е сут. герметизации)	27 (26; 28)	130 (118; 138)	68 (62; 75)	95 (94; 98)	4,14 (3,97; 5,25)	57,4 (53,6; 62,1) p1=0,043	53,4 (48; 54,6)
7 этап (55-е сут. герметизации)	29 (27; 31)	137 (125; 140) p1=0,028	70 (70; 80) p=0,028 p1=0,043	95 (94; 96)	4,85 (3,97; 5,60)	60,7 (54,8; 62,4) p=0,46 p1=0,028	57,2 (54,5; 60,4) p1=0,028
8 этап (65-е сут. герметизации)	28 (27; 29)	125 (125; 140)	68 (60; 70)	96 (93; 98)	4,69 (3,87; 5,27)	60,0 (53,8; 60,9) p=0,093 p1=0,028	55,3 (48,2; 61,0)
9 этап (75-е сут. герметизации)	27 (24; 28)	147 (135; 150) p=0,045 p1=0,028	83 (80; 85) p=0,028 p1=0,043	97 (95; 98)	4,46 (3,73; 4,91)	57,7 (52,6; 66,4) p1=0,028	54,5 (47,2; 58,4)
10 этап (85-е сут. герметизации)	27 (26; 27)	138 (130; 145) p1=0,043	80 (75; 88) p=0,028 p1=0,043	97 (94; 98)	4,95 (4,00; 5,40)	58,0 (55,7; 62,7) p1=0,028	53,0 (49,6; 62,7)
11 этап (95-е сут. герметизации)	26 (25; 28)	140,0 (135,0; 140,0)	80 (80; 80)	97 (95; 98)	4,36 (3,95; 4,77)	58,2 (52,6; 63,5)	55,9 (48,2; 61,4)

Этап обследования	Проба						
	Показатель, ед. изм.						
	Проба Мартине					Динамометрия	
	Пульс за 15 с, уд.	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	SaO <sub>2</sub> , %	КВ, у. е.	Правая кисть, кг	Левая кисть, кг
герметизации)		145,0) p1=0,028	p=0,028 p1=0,043		5,40)	p1=0,028	p1=0,028
Примечание: Уровень статистической значимости различий: p - по сравнению с первичным обследованием; p1 – по сравнению с этапом «5-е сут. герметизации»							

**Закключение.** Таким образом, программа физической тренировки, разработанная для моделирования физической деятельности человека в период стендовых испытаний с заданными условиями обитаемости, показала свою эффективность и безопасность применения в подобных испытаниях. Кроме этого, данная программа может быть рекомендована для использования на реальных ГОО, в том числе – перспективных объектов, на которых внедряются пожаробезопасные НГГС.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Андриянов А.И., Щукина Н.А., Поляков В.И. и др. Гиподинамия специалистов военно-морского флота в условиях длительного морского похода // Морская медицина. – 2018. – Т. 4, № 4. – С. 38-43.
- 2 Довгуша В.В., Мызников И.Л. Роль научно-исследовательской деятельности в становлении и развитии медицинского обеспечения атомного подводного флота. - СПб., 2015. - С. 29-34.
- 3 Ерошенко А.Ю., Петров В.А., Иванов А.О. и др. Перспективы применения различных пожаробезопасных газовых сред на герметизируемых обитаемых объектах Военно-Морского Флота // Морская медицина. - 2019. - № 4. - С. 112–119.
- 4 Иванов А.О., Мотасов Г.П., Ерошенко А.Ю. и др. Влияние различных воздушных сред, применяемых для снижения пожароопасности обитаемых гермообъектов, на функциональное состояние человека // Медицина катастроф. – 2019. - № 4. – С. 24-28.
- 5 Мызников И.Л., Шалабодов С.А., Бумай О.К. Медико-физиологические особенности боевой подготовки экипажей атомной подводной лодки // Военно-мед. журн. - 2009. – № 10. – С. 46–53.
- 6 Сапов, И.А. Состояние функций организма и работоспособность моряков / И.А. Сапов, А.С. Солодков. - Л.: Медицина, 1980. – 192 с.
- 7 Петров В.А., Майоров И.В., Иванов А.О., Янцевич П.В. Стенд-модель судовых помещений для моделирования обитаемости и режимов жизнедеятельности «МОРЖ» и его инженерное обеспечение // Вопросы оборонной техники. - 2016. - Вып. 7 -8 (97-98). – С. 104-110.