УДК 371

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ ВУНЦ ВМФ «ВОЕННО-МОРСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ АДМИРАЛА ФЛОТА СОВЕТСКОГО СОЮЗА Н.Г. КУЗНЕЦОВА»

© Игорь Юрьевич ПУГАЧЕВ
Военный учебно-научный центр Военно-морского флота Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической подготовки, e-mail: pugachyov.i@yandex.ru
© Эседулла Маллаалиевич ОСМАНОВ
Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, доктор медицинских наук, профессор, и.о. зав. кафедрой биологии, микробиологии и гигиены, помощник ректора по международному образованию, e-mail: osmanov@bk.ru
© Юрий Юрьевич КОРАБЛЕВ
Тамбовский филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы, г. Тамбов, Российская Федерация, кандидат педагогических наук, доцент кафедры государственного и муниципального управления, e-mail: pugachyov.i@yandex.ru

Оптимальный уровень работоспособности военного специалиста является объективным показателем его здоровья. Он обеспечивается слаженной работой всех физиологических механизмов и высоким уровнем физиологических резервов. К числу значительно более сложных задач относится установление уровня работоспособности военнослужащих по психофизиологическим данным. Сложность прогностических оценок связана с нестабильностью боевой обстановки, отрицательным действием на функциональное состояние организма разнообразных факторов экзогенного, эндогенного характера, с необходимостью максимально возможного учета всех неблагоприятных влияний. Поэтому прогнозирование физической и психофизиологической работоспособности военнослужащих имеет весьма важное значение не только для организации труда личного состава, но и для оценки роли человеческого фактора в учебно-боевых и боевых действиях.

Ключевые слова: физическая подготовка; психофизиологическая подготовка; специалист Военно-морского флота (ВМФ); профессиональное становление; Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова.

Задача поддержания боеспособности личного состава Вооруженных Сил (ВС) Российской Федерации (РФ) требует постоянного совершенствования всех элементов системы боевой подготовки сил Флота. В полной мере это следует отнести к физической и психофизиологической подготовке специалистов Военно-морского флота (ВМФ), профессиональное становление которых происходит в Военном учебно-научном центре ВМФ «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова» (ВУНЦ ВМФ «ВМА»).

Понятие «работоспособность» определяется как потенциальная возможность человека выполнять ту или иную работу (Б.В. Ендальцев, А.А. Нестеров, 1986 и др.) [1]. В ее структуру входят параметры «внешнего критерия», дееспособности функционального состояния организма, физиологических резервов, психического состояния, а также параметры физической подготовленности, преимущественно характеризующие «физическую работоспособность». Физическая работоспособность курсантов и слушателей ВУНЦ ВМФ «ВМА» представляет собой количественно-качественный объем труда (профессиональных действий), который их организм способен выполнять длительно, эффективно и с поддержанием требуемых режимов нагрузки.

Однако по данным наших исследований и литературным данным в подготовке специалистов ВУНЦ ВМФ «ВМА» имеются еще не решенные вопросы, не все выпускники являются мастерами своего дела. На это указывают результаты анализа служебных отзывов на выпускников ВУНЦ ВМФ «ВМА» 2009–2011 гг. Причиной может быть множество факторов, в т. ч. недостаточность науч-

ного обоснования положений прогнозирования физической и психофизиологической работоспособности военнослужащих ВУНЦ ВМФ «ВМА».

Методы исследования. В работе использовались следующие основные методы: теоретический анализ и обобщение; математико-биометрический анализ; контент-анализ; ретроспективный анализ; методы математического моделирования.

Результаты исследования. В контексте работы следует заключить, что согласно данным Э.А. Араб-Оглы (1982), прогнозирующая система состоит из шести иерархических структурных подсистем: объекта прогнозирования системы; функций, обеспечивающих эффективное решение поставленных задач; средств выполнения заданных функций; оценки неоднородности элементов системы; средств формирования комплексных критериев предпочтения альтернативных обликов; синтеза совокупности предпочтительных альтернативных обликов объекта прогнозирования [2, с. 4-11].

Анализ используемых методов прогноза функциональных возможностей показывает, что весь алгоритм исследования состоит из оценки трех операций: действительного состояния организма; физиологического резерва функциональных систем организма на фоне тестирующих нагрузок; тенденций развития поведения и формирования функциональных состояний в условиях взаимодействия окружающей среды и организма на фоне модельных или эмпирических данных. Конечной же целью любого профессионального отбора является выделение из группы кандидатов, которые при прочих равных условиях способны обеспечить наибольшую эффективность в выполнении стоящих перед ними задач, сохранить здоровье и надлежащий уровень работоспособности, а также безопасность производства окружающей сферы деятельности (Н.Н. Гуровский и др., 1976). Поэтому важным прогностическим критерием, оценивающим качество проведенного отбора, является высокий показатель степени допустимого риска (*R.L. Dodds*, 1978) в напряжении функциональных систем организма, выступающий как один из критериев надежности функционирования системы в целом.

В этом плане представляют интерес данные по прогнозированию адаптивных стратегий, свойственных организму того или иного индивидуума, полученные В.П. Казначеевым (1980) [3]. Этим автором исследованы функциональные показатели сердечно-сосудистой, легочной, мышечной систем, а также центральной нервной системы (ЦНС) в условиях дозированной физической нагрузки (степ-тест). Параллельно изучены биохимические, биофизические и иммунологические показатели. В.П. Казначеев выделил три типа людей: это «спринтеры», обладающие большим запасом структуры, большей надежностью элементов паренхимы и меньшей – стромы; «стайеры» – с меньшим запасом структуры, большей надежностью элементов стромы и меньшей – паренхимы; лица без выраженного преобладания того или иного типа адаптивной стратегии. Этот автор считает, что относящиеся к первому типу имеют большую вероятность срыва при воздействии на них средней величины нагрузок и их можно рекомендовать для кратковременных режимов труда. Лица второго типа могут сорваться под влиянием кратковременных, но чрезвычайных раздражителей; поэтому они способны выполнять более продолжительную работу.

В определенном плане эти данные аналогичны результатам по прогнозированию надежности функционирования со стороны гемодинамики у человека в процессе его возрастного изменения, полученным Н.И. Аринчиным. Проведенные исследования позволили разработать метод, позволяющий выявить индивидуальную специфику состояния сердечно-сосудистой системы. Ее нормальное состояние можно представить в виде трех типов саморегуляции кровообращения: сосудистого, сердечного и сердечно-сосудистого (Н.И. Аринчин, 1978). Третий тип наиболее надежный, первый – наименее надежен и легче всего переходит в патологические состояния.

Обнаружено (Д.М. Иманалиев, 1985), что определение типов саморегуляции кровообращения можно применять как для прогнозирования функционального состояния организма при отборе лиц для работы в экстремальных условиях внешней среды, так и для текущего контроля при адаптации к условиям высокогорья.

Оценка качественного и количественного изменения в функционировании системы в

ходе адаптации представляет важную проблему прогнозирования, одним из аспектов которой является вопрос о гранях между здоровьем и болезнью, между нормой и патологией (Р.М. Баевский, Е.С. Геллер, 1976; Э.М. Османов и др., 2007, 2009 и др.). Поэтому физическое состояние организма, считающееся нормальным вследствие достаточно хорошей деятельности компенсаторно–приспособительных механизмов, в действительности следует относить к особой группе состояний, связанных с процессом физиологической адаптации (Р.М. Баевский, Е.С. Геллер, 1976) [4, с. 12-18].

Степень напряжения регуляторных механизмов и их функционального резерва еще до того, как возникнут гомеостатические нарушения, обусловленные поломом механизмов адаптации, позволяет оценить донозологическая диагностика (Р.М. Баевский, 1979). Массовые донозологические обследования включают определенный алгоритм: анкетный опрос, измерение роста и массы, спиро- и динамометрию, сбор слюны, регистрацию баллистокардиограммы и сейсмокардиограммы при спокойном дыхании и при функциональной пробе с задержкой дыхания, измерение артериального давления и частоты пульса в покое. При этом выделяют четыре группы лиц: с удовлетворительной адаптацией, с напряжением механизмов адаптации, с неудовлетворительной адаптацией и со срывом ее. По данным В.П. Казначеева и соавторов (1980), среди обследуемых старше 25 лет – одну треть контингента можно отнести к четвертой группе, а среди лиц моложе 25 лет – лишь одного из двадцати.

С.И. Сороко (1980) показал, что способность человека к адаптации определяется адаптивной пластичностью и устойчивостью нейродинамических процессов, отражающих свойства центральных механизмов саморегуляции, их возможностью к направленным перестройкам функций соответственно потребностям организма в данных конкретных условиях. Автор полагает, что указанные свойства нервной системы в большинстве своем генетически детерменированы, что пластичность и устойчивость нейродинамических процессов относится к основным индивидуально-типологическим свойствам нервной системы человека и могут быть одним из прогностических критериев адаптоспособности человека.

При оценке и прогнозировании функционального состояния организма В.А. Бодров, А.Г. Федорук (1984), В.П. Леутин, Е.И. Николаева (1984) рекомендуют использовать показатели функциональной асимметрии полушарий мозга. Изучение особенностей мозговой нейродинамики медленного волнового диапазона, т. н. сверхмедленных колебаний – квазиустойчивости разности потенциалов (КУРП), открывает новые возможности для оценки и прогнозирования функционального состояния человека (А.Г. Сычев и др., 1980). Высоких показателей в деятельности достигали люди при генетически обусловленной величине КУРП среднего и высокого уровня.

Исследуя возможность прогностической оценки физической работоспособности с помощью психофизиологических показателей, В.Н. Казаков и др. (1984), В.И. Медведев и др.(1984) выявили, что у лиц с высоким уровнем физической работоспособности показатели скорости переработки информации, времени сложной сенсомоторной реакции и позной активности стабильно выше, чем в группе с низкой физической работоспособностью. По мнению этих авторов, предлагаемые психофизиологические показатели дают возможность прогнозировать физическую работоспособность обследуемого контингента.

По мнению А.А. Айдаралиева и А.Л. Максимова (1988) [5], все способы определения работоспособности можно объединить и распределить по четырем группам. Первую группу составляют методы, основанные на том, что работа выполняется до отказа и предел ее устанавливает сам испытуемый на основе своего субъективного состояния. При этом работоспособность определяется как объем выполненной работы в заданном темпе и в большей степени характеризует выносливость, тренированность и мотивацию испытуемого. Во вторую группу входят методы, основанные на регистрации МПК как при прямом его измерении, так и при косвенной оценке (*P.O. Astrand*, *J. Ryhming*, 1954; В.Л. Карпман и др., 1969, 1974; *E.L. Fox*, 1973; *B.L. Ho*, 1984). По сравнению с первой группой методов от испытуемого не требуется выполнения чрезмерных нагрузок,

и в большей степени оценивается его запас (потенциал) физической работоспособности. К третьей группе относится использование стандартных нагрузок субмаксимальной мощности, где расчет строится в основном по данным показателей сердечно-сосудистой системы и прогноза их изменения во времени. Основу данных методов составляет линейная зависимость между ЧСС и мощностью выполняемой работы (*H. Wahlung*, 1948), что позволяет, используя уравнения линейной регрессии, прогнозировать ЧСС при физической нагрузке любой величины. К четвертой группе относятся все методы и приемы, где работоспособность оценивается как количество продукции (или полезных операций), выполненных человеком за определенный отрезок времени (минута, час, смена, квартал, год) [6, с. 24]. Эти методы более широко применяются в экономических исследованиях и поэтому представляют больше экономическую категорию, чем физиологическую, в связи с чем вызывают меньший интерес у физиологов, педагогов и медиков, т. к. не позволяют вскрывать механизмы, обеспечивающие (лимитирующие) работоспособность организма.

Международная биологическая программа рекомендует использовать для оценки физической работоспособности метод PWC_{170}, который описан В.Л. Карпманом и др. (1969).

Для прогнозирования потенциальной работоспособности В.П. Загрядский и Б.В. Ендальцев (1978) предложили два индекса с высокой прогностической значимостью (98 % совпадений): функциональный – выносливости ($И_В$, отн. ед.) и конституциональный – весоростовой ($И_{ВР}$, отн. ед.). $И_В$ = 3 км/СВ, где СВ – время удержания поднятых под углом 30° выпрямленных ног в положении лежа на спине, руки вдоль туловища; 3 км – время бега на 3 км, мин. $И_{ВР} = P/(L - 100)$, где P – вес (масса), кг; L – рост, см. Высокий уровень работоспособности наблюдался у испытуемых, имеющих $И_В$ 13 и $И_{ВР}$ от 0.9 до 1.1.

И.Ю. Пугачев (2006) предложил оценивать работоспособность по результатам выполнения модернизированного 3-минутного степ-теста. При этом обеспечивается 99 % уровень прогностической значимости. Установление нормативов четырехбалльной системы проверки и оценки производилось автором по величинам отклонений результатов тестирования от средней в лучшую и худшую сторону на 0,67σ (Ю.К. Демьяненко, 1972), а также интегративного применения методов кластерного анализа (И.С. Енюков, 1986; И.А. Воронов, 2008) [7] и методики построения должных норм Е.Я. Бондаревского (1983).

В результате исследования И.Ю. Пугачевым (2006) были установлены следующие нормативы проверки и оценки степени дееспособности функционального состояния организма курсантов инженерных вузов МО РФ по выполнению 3 минутного степ-теста (модификация ВИФК) [8].

«**отлично**» – 90 усл. ед. и более;

«**хорошо**» – 80–89 усл. ед.;

«**удовлетворительно**» – 69–79 усл. ед.;

«**неудовлетворительно**» – 68 усл. ед. и менее.

По мнению А.А. Айдаралиева и А.Л. Максимова (1988) [5], разработка подобного рода индексов – положительный фактор, позволяющий в течение короткого времени провести оценку потенциальной работоспособности индивидуума. Однако параметры, составляющие $И_В$ (время бега и время удержания поднятых ног), в значительной степени зависят от мотивации, а действительную стоимость затраченных усилий трудно контролировать. Поэтому данный индекс не может в полной мере характеризовать потенциальную работоспособность.

В другой работе Б.В. Ендальцев (1980) представил новую формулу для измерения объема физиологических резервов, отн. ед.: $ФР = [(В_Т/Ч_С)/Т_{3км}]$ 100, где $В_Т/Ч_С$ – отношение мощности резервов дозированной нагрузки (степ-тест), Вт к ЧСС за 1 мин.; $Т_{3км}$ – время бега на 3 км, мин. По сути дела этими же данными оперировали авторы и раньше (В.П. Загрядский, Б.В. Ендальцев, 1978). В одном случае они получили 85 %-ную эффективность прогноза, в другом – 98 %-ную. Такого рода результаты, по мнению А.А. Айдаралиева и А.Л. Максимова (1988), требуют верификации параллельно с другими методами прогноза.

В 2002 г. Б.В. Ендальцев отметил, что для оценки функционального состояния физические тесты так же точны, как и результаты сложных лабораторных исследований; до настоящего времени нет способов количест-

венной оценки физической готовности военнослужащих [9, с. 63-66]. Разработку такого метода на основе оценки резервов организма Б.В. Ендальцев (2002) определял по формуле:

$$\text{ФГ} = \frac{\text{И}}{t_{3\text{км}}} 10,$$

где ФГ – физическая готовность в относительных единицах; И – индекс степ-теста при восхождении на ступень высотой 0,4 м в темпе 30 раз в мин. в течение 3 мин.; $t_{3\text{км}}$ – время кросса на 3 км в минутах.

В результате исследования Б.В. Ендальцев (2002) делает вывод, что существующий в учебной и научной литературе подход к оценке физической готовности военнослужащих по их физическому состоянию не позволяет получать объективные данные, дезориентирует специалистов по физической подготовке и требует соответствующей коррекции.

Вместе с тем в учебно-методическом пособии «Физическая подготовка. – Часть 1. – Руководство, организация и обеспечение физической подготовки в воинской части и подразделении» (1990), утвержденном председателем Спортивного комитета МО СССР, широко представлены количественно-качественные характеристики проверки и оценки степени физической готовности военнослужащих и подразделений к боевой деятельности. В частности, указывается, что установление степени физической готовности военнослужащих и воинских подразделений к боевой деятельности в зависимости от специфики вида Вооруженных Сил и рода войск (сил флота), а также от организационных возможностей может осуществляться следующим образом.

Во-первых, по результатам проверки физической подготовленности военнослужащих, проводимой в соответствии с НФП-87, с учетом заключения о степени переносимости личным составом физических нагрузок в ходе учений и контрольных занятий по тактической (тактико-специальной) подготовке. Данное заключение дается по результатам наблюдения за физическим состоянием военнослужащих и переносимостью ими физических нагрузок и воздействий неблагоприятных факторов.

Проверяющий оценивает степень проявления выносливости и других физических качеств при выполнении специфических военно-профессиональных действий, уровень сформированности военно-прикладных двигательных навыков и умение их использовать в сложных условиях, устойчивость к воздействию специфических нагрузок и неблагоприятных факторов. По итогам наблюдения дается заключение «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Степень физической готовности военнослужащих и подразделений к боевой деятельности оценивается положительно при наличии положительных оценок как за выполнение нормативов по физической подготовке, так и за действия на учениях [10].

Во-вторых, по результатам выполнения военнослужащими (индивидуально или в составе подразделений) специальных комплексных упражнений. К примеру, для большинства воинских подразделений Сухопутных войск такими упражнениями могут быть марш-броски с последующим преодолением полосы препятствий. Одно из таких упражнений с контрольными нормативами для личного состава ВДВ включено в НФП-87.

В-третьих, по результатам проверки физической подготовленности военнослужащих с учетом данных медицинского обследования их физического развития и функционального состояния организма. Такое обследование в соответствии с Уставом внутренней службы Вооруженных Сил организуется в каждой воинской части два раза в год. По решению командира при необходимости оно может проводиться и чаще. Оценка физического развития и функционального состояния организма военнослужащих осуществляется в соответствии с руководством, разработанным Центральным Военно-Медицинским Управлением.

Начальник физической подготовки и спорта части (командир подразделения) может свести данные медицинского обследования военнослужащих и результаты проверки их физической подготовленности в одну ведомость и определить степень физической готовности к боевой деятельности. При этом для оценки физического развития и функционального состояния организма проверяемых военнослужащих могут использоваться результаты ранее проведенного медицинско-

го обследования, которое осуществлялось не раньше, чем за один месяц до начала данной проверки [11, с. 25-29].

Степень физической готовности военнослужащих к боевой деятельности оценивается:

«**отлично**» – если за физическую подготовленность получена оценка «отлично», физическое развитие оценивается как «хорошее», а заключение о функциональном состоянии организма – «здоров»;

«**хорошо**» – если за физическую подготовленность получена оценка «хорошо», физическое развитие оценивается не ниже чем «среднее», а заключение о функциональном состоянии организма – «здоров»;

«**удовлетворительно**» – если за физическую подготовленность получена оценка «удовлетворительно» при любой оценке физического развития, а заключение о функциональном состоянии организма – не хуже «практически здоров».

Оценка степени физической готовности подразделения к боевой деятельности определяется по соотношению индивидуальных оценок в соответствии со ст. 286 НФП-87, в которой отражено следующее.

Оценка физической подготовки подразделения и воинской части[1] слагается из оценок, полученных проверенными военнослужащими, и определяется:

«**отлично**» – если получено 90 % положительных оценок, при этом половина и более проверенных получили оценку «отлично»;

«**хорошо**» – если получено 80 % положительных оценок, при этом половина и более проверенных получили оценку не ниже «хорошо»;

«**удовлетворительно**» – если получено 70 % положительных оценок.

В 1990 г. В.А. Шейченко представил научное обоснование предпосылок для создания системы проверки и оценки физического состояния молодого пополнения Русской Армии, исходя из ретроспективного анализа требований боевой подготовки Русской Армии к физическим кондициям новобранцев. При этом В.А. Шейченко (1990) [12, с. 15-29] акцентировал внимание на значимости комплексной интегральной оценки физического состояния человека.

Военным Краснознаменным факультетом физической культуры и спорта при ГДОИФК им. П.Ф. Лесгафта были представлены специальные таблицы для оценки физического развития военнослужащих и военнослужащих-спортсменов в возрасте 19–25 лет. При этом к основным признакам физического развития были отнесены: рост; окружность грудной клетки; вес; жизненная емкость легких; становая сила; сила правой кисти. Технология оценки индивидуальных признаков физического развития военнослужащих руководствовалась следующим принципом:

– при отклонении индивидуальной величины признака от среднего в пределах ± 1σ развитие признака оценивается как «среднее»;

– при отклонении индивидуальной величины признака от среднего в пределах ± 2σ развитие признака оценивается как «большое» или «малое»;

– при отклонении индивидуальной величины признака от среднего в пределах ±3σ и больше развитие признака оценивается как «очень большое» или «очень малое».

Степень величин вышеуказанных основных признаков физического развития военнослужащих определяется табличным методом путем сравнения с должными величинами и дифференцируется следующими градациями:

– вес: малый; средний; большой; очень большой;

– рост: очень низкий; низкий; средний; высокий; очень высокий;

– окружность грудной клетки: очень узкая; узкая; средняя; широкая; очень широкая.

Однако следует подчеркнуть, что научного обоснования должных значений указанных градаций в издании «Таблицы для оценки физического развития, 1964» не представлено.

По мнению А.А. Айдаралиева и А.Л. Максимова (1988), одно из ведущих мест по массовости и информативности получаемых результатов занимает тестирование на велоэргометре. Дело в том, что использование нагрузок различной интенсивности и мощности помогает исследователю не только оценить состояние испытуемого организма в момент тестирования, но и вскрыть резервы его

[1] Указанный порядок оценки физической подготовки относится также к учебным подразделениям и частям, частям и подразделениям обеспечения учебного процесса военно-учебных заведений.

функциональных систем, и получить информацию о тех или иных ситуациях в будущем (*K. Schumacher*, 1958; В.П. Загрядский, З.К. Сулимо-Самуйлло, 1976; М.Х. Бобоходжаев, В.Г. Машковский, 1977; В.Г. Машковский, 1977; М.М. Миррахимов, 1978; А.С. Солодков, 1978). Проведенные исследования показали большую информативность стандартной велоэргометрической нагрузки при выявлении резервных возможностей организма. Такого же мнения придерживаются *J. Ruhming* (1953), *J. Day* (1967), *R.J. Schepard* (1970), *R.R. Menner, E.J. Hamley* (1973), М.М. Филиппов (1975), З.А. Долабчан и др. (1977), С.Г. Кривощеков (1977), А.А. Юрченко (1977), М.М. Миррахимов (1978) и др. В частности, на основании экспериментов, М.М. Миррахимов (1978) сформулировал положение о том, что о стабилизации функций организма и его «резервных» возможностях можно судить только после предъявления ему дополнительной стандартной нагрузки.

В 1979 г. А.А. Айдаралиев и А.Л. Максимов устанавливают, что тестирование на велоэргометре при нагрузке 150 Вт в течение 6 мин. наиболее точно (80 % совпадений) прогнозирует работоспособность человека. При всей вероятности при такого рода субмаксимальной нагрузке происходит наиболее выраженная мобилизация функций (А.А. Айдаралиев, А.Л. Максимов, 1979). Эта нагрузка достаточно велика, чтобы мобилизовать резервные механизмы, и в то же время не столь тяжела, чтобы вывести приспособительные механизмы организма за физиологические пределы.

В этих же исследованиях А.А. Айдаралиев и А.Л. Максимов (1979) установили, что, помимо теста на велоэргометре, также уровень неспецифической резистентности организма с верификацией прогноза 78 % позволяют определять следующие параметры: жизненная емкость легких (ЖЕЛ), объем форсированного вдоха, тест Тиффно, частота пульса (ЧП), частота дыхания (ЧД), проба Штанге и проба Генча. При этом значениями вышеуказанных параметров в состоянии покоя, отражающих низкую работоспособность человека, являются: ЖЕЛ – < 3000 мл; объем форсированного вдоха – < 1000 мл; тест Тиффно – < 70 %; ЧП – > 75 ударов в 1 мин; ЧД – > 28 дыханий в 1 мин; проба Штанге – < 45 с; проба Генча –< 25 с.

Проанализировав информативность пробы PWC_{170} и гарвардского степ-теста, А.А. Айдаралиев и др. (1980) и М.М. Миррахимов и др. (1983) обосновали модифицированный вариант пробы PWC_{170} для оценки интегрального показателя работоспособности человека, объединяющего данные максимального потребления кислорода и ЧСС. Сущность модификации состоит в том, что для определения индекса работоспособности достаточно регистрации только ЧСС в конце каждой минуты пробы и тех же показателей в восстановительный период (6 мин) с изменением также максимального АД на 1-й и 3-й мин. Базисом предложенного подхода послужила математическая модель, адекватно (по сравнению с прямыми исследованиями) описывающая изменение ЧСС при велоэргометрической нагрузке субмаксимальной мощности на основе экспоненциальной зависимости типа

$$f_t = \Delta f_1[\gamma_1 / \Delta f_1(1-e^{-\Delta f_1 t}) + \gamma_2 / \Delta f_2(1-e^{-\Delta f_2 t}) + \ldots + \gamma_n / \Delta f_n(1-e^{-\Delta f_n t}) + f_o,$$

где f_t – ЧСС во время выполнения велоэргометрической нагрузки; f_1 – ЧСС в 1-ю мин. нагрузки; f_o – ЧСС в покое; $\Delta f_1 \ldots \Delta f_n$ – скорость изменения ЧСС при выполнении нагрузки; $\gamma_1 \ldots \gamma_n$ – вклады компонентов, соответствующих скоростям изменения ритма сердца.

Аналогичные зависимости были получены ранее в исследованиях Т.М. Воеводиной и др. (1975).

Из более чем 25 показателей, характеризующих состояние сердечно-сосудистой, дыхательной систем и системы крови, В.П. Гребняк и соавторы (1980) в прогностическую таблицу отобрали 10 особенно информативных. Наибольшая прогностическая значимость была выявлена по показателям, отражающим упруговязкие свойства стенок сосудов эластического типа, уровня среднединамического АД и механической мощности сердца, щелочного резерва крови и концентрации гемоглобина, объема легочной вентиляции и др. Составленная таблица позволяла суммировать прогностические коэффициенты функциональных показателей.

Апробация метода дала 80–84 % правильных ответов, 2,0–3,5 % ошибочных и 15 % неопределенных.

Индивидуальная физическая работоспособность в основном определяется генетическими факторами, однако большое влияние на нее может оказывать тренировка или отсутствие физической активности (*B.G. Saltin and at.*, 1968). Если на начальном этапе подготовки информативными критериями прогнозирования физической работоспособности являются морфологические показатели, то на этапе высших достижений значимость морфологических и даже некоторых функциональных показателей перестает играть решающую роль (Б.К. Гуняди и др., 1980; Г.А. Макарова и др., 1980).

Прогнозировать работоспособность можно с определенной степенью достоверности даже на основе таких простых измерений и сведений, как привычка к курению и физическая активность (*L.O. Nordesjo*, 1974), а также методом анализа квалиметрических показателей, отражающих здоровый образ жизни и вредные привычки (Э.М. Османов и др., 2007, 2009 и др.). Однако при оценке работоспособности на основе соотношений размеров тела и сведений о физической активности средняя величина ошибки довольно велика. Авторы считают, что для снижения величины ошибки необходимо тестирование с использованием физических нагрузок [13, с. 57-62].

Использование предельных нагрузок для уточнения функционального резерва системы зачастую не оправдано, ибо нередко оно приводит к срыву и развитию предпатологического и патологического состояний, в то время как предельный ответ функциональной системы будет значительно зависеть от индивидуальных особенностей организма (А.А. Айдаралиев, А.Л. Максимов, 1988). С этих же позиций развивается подход к оценке функционального резерва в авиакосмической и спортивной медицине (Н.Н. Гуровский и др., 1976; А.С. Мозжухин, 1979, 1980, 1982; Д.Н. Давиденко, А.С. Мозжухин, 1980, 1985; Д.Н. Давиденко и др., 1982 и др.). Р.М. Баевский (1979) подчеркивает, что оценка функционального резерва должна осуществляться в обычных условиях при использовании стандартных нагрузочных проб, подобранных таким образом, чтобы не вызывать предельного напряжения организма и вероятного в этих условиях срыва.

А.А. Айдаралиевым и др. (1980) в контексте данного вопроса показана прогностическая информативность стандартной велоэргометрической нагрузки в целях прогноза функциональных резервов сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Авторы в ходе технологичности расчета использовали не абсолютные показатели, а число, возведенное в квадрат. Для приведения к единой размерности все показатели брались как величины первого порядка; при этом, если во время тестирования рост показателя свидетельствовал о напряжении функции (например, что имеет место при анализе ЧСС, частоты дыхания, пульсовой суммы и т. п.), то после приведения его к величине первого порядка А.А. Айдаралиев и др. (1980) использовали его обратное значение, т. е. дробь.

На разных этапах индивидуального адаптогенеза выраженность реакции различных структурных систем бывает неодинаковой; более того, включаются они не одновременно, что обусловливает неодинаковую широту физиологического резерва у индивидуумов даже в равные сроки адаптации. Это положение иллюстрируют А.А. Айдаралиев и А.Л. Максимов (1988) при анализе реакции дисперсий физиологических показателей на стандартную велоэргометрическую нагрузку, исходя из того, что вариабельность внутри выборки какого-либо показателя характеризуется его дисперсией следующим образом: чем больше отличаются значения показателя внутри выборки, тем больше его дисперсия.

Поэтому можно считать, что в определенные моменты нагрузки и восстановления ростом дисперсии характеризуется значительный разброс структурных показателей.

Организм военнослужащего располагает механизмами, обеспечивающими как долговременную, так и острую адаптацию; при этом последняя протекает на фоне срочной мобилизации функциональных резервов. На основании этого при изучении функционального резерва важно оценивать с прогностических позиций каждый составляющий его элемент: степень широты резерва, степень напряжения регуляторных механизмов, скорость подключения компенсаторных механизмов и суммарный (синергический) эф-

фект влияния отдельных систем на функциональный резерв организма в целом [14, с. 6].

Следует подчеркнуть, что возрастание адаптивной способности не только обеспечивается посредством увеличения функциональных резервов организма, т. е. контуров адаптивной емкости, но, по всей вероятности, в большей мере и осуществляется за счет совершенствования регуляции физиологическими функциями. С этих позиций физиологический резерв тем выше, чем меньше степень напряжения регуляторных механизмов при заданном уровне функционирования и при заданной степени напряжения (Р.М. Баевский, 1979). При этом особенно важно учитывать фактор возрастной периодики при дозировании физической и психоэмоциональной нагрузки (Э.М. Османов и др., 2007, 2009).

Физиологические резервы функциональных систем во многом обусловливают работоспособность организма. При этом следует иметь в виду, что между работоспособностью и возможным уровнем мобилизуемых функциональных резервов, обеспечивающих адаптационный процесс, существует прямая зависимость (А.С. Мозжухин и др., 1984). Наиболее ярко она выражается при адаптации к физическим нагрузкам. Выполнение любой значительной физической нагрузки или работы обеспечивается двумя «эшелонами» резервов: первый включает в себя периоды врабатываемости и оптимальной работоспособности, а второй – периоды полной и частичной компенсации, утомления и конечного полома (А.А. Айдаралиев, А.Л. Максимов, 1988).

При определении степени функционального резерва необходимо учитывать соотношение между оперативными и стратегическими механизмами регуляции. Рассматривая с этих позиций динамику изменения функционального резерва систем, Р.М. Баевский (1979) считает, что включение стратегических механизмов регуляции в ответ на относительно небольшую нагрузку свидетельствует о снижении функционального резерва, т. е. учет элементов иерархии – необходимое звено в прогностической характеристике физиологического резерва на уровне целого организма.

Физиологический резерв каждой отдельной системы как бы имеет свою внутреннюю структуру, состоящую из различных уровней функционирования (базального, рабочего, резервного, предельного, патологического), которые и обеспечивают адаптивную реакцию (М.М. Миррахимов, 1976, 1984). Если охарактеризовать каждый уровень по его основным признакам, то для базального наиболее существенным являются величины физиологической реакции, свойственные системе в условиях основного обмена; по всей видимости, он полностью определяется генетически. Такое предположение подтверждается и исследованиями в области физиологии труда и спортивной медицины (В.В. Коптюх, 1984; А.К. Москатова, 1984). Рабочий уровень функционирования характеризуется показателями системы в обычных (привычных) условиях жизнедеятельности, и основной его потенциал также детерминирован генетически. Резервный уровень функционирования представляет собой разницу между максимальным показателем системы и ее базальным значением, т. е. это физиологический резерв, на исследование которого направлены основные усилия физиологов.

Величина резервного уровня обусловлена как генетически, так и фенотипически; поэтому на его показатели существенно влияют индивидуальные особенности организма: образ жизни, тренированность и т. п. Этот уровень подвержен максимальным колебаниям при адаптации, где возможно его повышение или понижение. Причем этот процесс происходит на качественно противоположных явлениях: повышение резерва идет за счет либо уменьшения базального и рабочего уровней функционирования системы в покое и при обычных режимах жизнедеятельности, либо увеличения максимального уровня функционирования, либо при сочетании того и другого. По всей видимости, последнее более предпочтительно, т. к. в этом случае значительно возрастает запас прочности системы, что обусловливает индивидуальную устойчивость (А.А. Айдаралиев, А.Л. Максимов, 1988).

В случае проявлений дизадаптационных признаков и срыва адаптации развивается противоположный процесс, который приводит к уменьшению функционального резерва (М.М. Миррахимов, 1974). Следует отметить, что понятие «функциональный (физиологический) резерв» не представляет собой сино-

нима терминам «функциональные возможности» и «физическое развитие». Так, «функциональные возможности» – диагностическое понятие, отражающее результат конкретной функциональной пробы, оно не исчерпывает всего функционального резерва исследуемой системы (Р.М. Баевский, 1979). «Физиологический резерв» – в основном прогностическое понятие, т. к. его оценки строятся на прогнозе развития явления в ответ на адекватную стандартную нагрузку.

Известно, что резервные возможности организма заключаются в способности мобилизовать функциональный ответ ряда органов и систем на достаточную степень воздействия раздражителя. А.С. Мозжухин (1982) иерархические резервы организма представил в виде пирамиды, основанием которой являются биологические резервы, а вершиной – социально-психологические. Вся эта иерархия резервов функционирует как единое целое; поэтому интегративный показатель всех резервов можно оценить только при выполнении организмом стандартных нагрузок, дающих возможность в полной мере определить резервы организма. Крайне важен тот факт, что человек кроме биологических резервов располагает и социальными, которые способны стимулировать, регулировать, усиливать и организовывать использование биологических. Следовательно, полноценный прогноз физического состояния и работоспособности возможен только при определении различных систем и уровней организации адаптивного ответа на экстремальные факторы (А.А. Айдаралиев, А.Л. Максимов, 1988).

В медико-биологических прогнозах наряду с широким использованием строгих математических методов в последнее время уделяется большое внимание эвристическому прогнозированию на основе экспертных оценок (Р.М. Баевский, 1975, 1976, 1978; Л.И. Какурин и др., 1976), которое дает достаточно высокую степень достоверности предсказываемого явления или состояния. Вместе с тем отсутствие общей методики оценки состояния организма человека в значительной степени ограничивает использование этого метода (А.А. Айдаралиев, А.Л. Максимов, 1988).

В.В. Матов (1971) на основе применения математического метода вроцлавской таксономии, увеличил точность диагностики прогностических тестов индивидуальной устойчивости организма. К сожалению, этот метод нельзя применять для массового тестирования контингента: нужны барокамеры, квалифицированный персонал и затрачивается больше времени на проведение обследования.

Выводы. На основании вышеизложенного, следует заключить, что в основе прогнозирования физического и психофизиологического состояния военнослужащих ВУНЦ ВМФ «ВМА» лежит решение задач прогнозирования тех или иных показателей, либо их параметров. В математическом смысле задача прогнозирования состоит в предсказании возможного будущего значения показателя, параметра состояния на основании значений этих величин в настоящий и предыдущие моменты времени. Решение этой задачи связано с использованием априорных представлений о характере изменений показателя в интервале времени между гетерогенными измерениями. Обычно для математического отображения поведения показателя целесообразно использовать следующую гипотетическую математическую модель, основанную на представлении о линейном и экспоненциальном измерении показателя:

Пусть проведено измерение показателя в моменты времени $t = 0$, $x = x_o$ и $t = T_1$, $x = x_1$. Теперь, зная среднюю скорость изменения x в интервале $[0, T_1]$:

$$V = \frac{x_1 - x_0}{T_1},$$

можно рассчитать значение показателя на любой следующий момент времени T_2:

$$x(T_2) = x_0 + VT_2 = x_0 + \frac{x_1 - x_0}{T_1} T_2. \qquad (1)$$

В этом случае прогнозируемое значение $x(T_2)$ будет получено на основании линейной гипотезы.

Применение экспоненциальной гипотезы для прогнозирования основано на использовании увеличивающегося показателя функции выглядит в следующем контексте:

$$x = x_{\max} - (x_{\max} - x_{\min})e^{-at}, \qquad (2)$$

где x_{max} – предельное значение показателя; a – показатель крутизны экспоненты.

Подставив в (2) измеренные значения показателя x_0, x_1 и соответствующие моменты времени $t = 0$ и $t = T_1$, реализуется следующая структура:

$$x = x_{max} - (x_{max} - x_0)e^{-aT_1}.$$

В полученном уравнении два неизвестных, подлежащих определению, – x_{max} и a. Пусть из некоторых педагогических соображений сделан априорный выбор значения x_{max}. Тогда показатель крутизны a определяют по формуле:

$$a = \frac{1}{T_1}\ln\frac{x_{max} - x_0}{x_{max} - x_1}. \quad (3)$$

Теперь прогнозируемое значение x в любой момент времени целесообразно находить по формуле (2), подставив в нее $x_{max} = x_0$, числовое значение a, найденное по формуле (3), и соответствующий момент времени t.

Если до момента прогнозирования дважды проведено измерение показателя: $t = 0$, $x = x_0$; $t = T_1$, $x = x_1$; $t = T_2$, $x = x_2$, то решая систему

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= x_{max} - (x_{max} - x_0)e^{-aT_1} \\ x_2 &= x_{max} - (x_{max} - x_0)e^{aT_2} \end{aligned}\right\}, \quad (4)$$

эффективно определяются индивидуальные для данного лица или процесса значения x_{max} и a, а затем по формуле (4) осуществляется прогнозирование значения x на требуемый момент времени. Система решается численным способом, поэтому могут потребоваться специальные вычислительные средства. Однако, если $T_2 = 2T_1$, эта система может быть решена в явном виде, причем:

$$x_{max} = \frac{x_0x_2 - x_1^2}{x_0 + x_2 - 2x_1}, \quad (5)$$

а значение a определяется по формуле (5), подставив в нее найденное значение x_{max} из формулы (4).

Для уменьшающихся показателей и $y_{min} = 0$ экспоненциальная гипотеза приводит к следующей формуле: $y = y_{max}e^{-at}$.

Значение a определяют по точке $t = T_1$, учитывая, что при $t = 0$ $y_o = y_{max}$:

$$a = \frac{1}{T_1}\ln(y_0 - y_1). \quad (6)$$

Представленные выше способы прогнозирования могут превратиться в адаптируемые, если использовать скользящий сдвиг измерений показателей и каждый раз корректировать крутизну и предельное значение экспоненты.

Методы прогнозирования с использованием линейной и экспоненциальной гипотез можно применять при решении задач краткосрочного, среднесрочного и долгосрочного прогнозов. Краткосрочное прогнозирование физических возможностей охватывает временной интервал не более нескольких часов. При этом прогнозированию подлежат такие показатели деятельности человека, как, например, физическая работоспособность. При среднесрочном прогнозировании объектом является, например, оптимальная регламентация оптимальных физических нагрузок (режим труда и отдыха) в интервале времени от нескольких часов до нескольких недель. Долгосрочное прогнозирование связано в основном с определением физических возможностей человека в связи с выбором специальности.

Понятно, что рассмотренные приемы диагностики физической работоспособности и алгоритмы прогнозирования имеют прикладную направленность. Вместе с тем следует отметить, что полное решение задач диагностики и прогнозирования физического состояния курсантов и слушателей ВУНЦ ВМФ «ВМА» связано с рассмотрением понятия состояния как динамичного вектора в многомерном пространстве показателей, параметров показателей, адекватных функций структурных систем, показателей функционирования уровней иерархии организма.

Оценка эффективности управления физическим и психофизиологическим состоянием военнослужащих ВУНЦ ВМФ «ВМА», по-нашему мнению, может быть сведена к анализу динамики показателей или оценок состояния «до», «после» и «во время» управления. Эта задача может быть решена с помощью описанных выше приемов и алгоритмов.

1. *Ендальцев Б.В., Нестеров А.А.* Работоспособность военнослужащих и пути ее повышения средствами физической подготовки / под ред. В.П. Загрядского. Л., 1986.
2. *Баевский Р.М.* Кибернетика и прогностика: Опыт системного подхода к оценке структурно-функциональной организации живых систем и некоторые направления дальнейших исследований // Вопросы кибернетики: Кибернетика в физиологических исследованиях. Вып. 22. М., 1976.
3. *Казначеев В.П.* Современные аспекты адаптации. Новосибирск, 1980.
4. *Баевский Р.М., Геллер Е.С.* Некоторые проблемы анализа энергоинформационных связей в живых системах // Вопросы кибернетики: Кибернетика в физиологических исследованиях. Вып. 22. М., 1976.
5. *Айдаралиев А.А., Максимов А.Л.* Адаптация человека к экстремальным условиям: Опыт прогнозирования. Л., 1988.
6. *Мозжухин А.С.* Физиологические резервы спортсмена. Л., 1979.
7. *Воронов И.А.* Эксперимент и методы обработки многомерных данных в исследованиях человека с применением SPSS: медико-биологические исследования, психология, физическая культура и спорт. СПб., 2008.
8. *Пугачев И.Ю.* Обеспечение работоспособности и формирование физической готовности специалистов инженерно-технических вузов МО РФ к профессиональной деятельности: монография. СПб., 2006.
9. *Ендальцев Б.В.* Следует ли оценивать физическую готовность военнослужащих по их физическому состоянию // Тезисы докл. итог. науч. конф. за 2001 г. СПб., 2002.
10. *Давиденко Д.Н., Мозжухин А.С.* Функциональные резервы адаптации организма спортсмена. Л., 1985.
11. *Османов Э.М., Кораблев Ю.Ю., Пугачев И.Ю.* Физическая культура специалистов-преподавателей старших возрастов инженерно-технических вузов министерства обороны // Вестник Тамбовского университета. Серия Гуманитарные науки. Тамбов, 2007. Вып. 6 (50).
12. *Шейченко В.А.* Предпосылки для создания системы проверки и оценки физического состояния молодого пополнения Русской армии (от начала возникновения Руси до середины XVIII в.) // Проверка и оценка физической подготовленности военнослужащих: сборник научных работ / под ред. Р.М. Кадырова. Л., 1990.
13. *Османов Э.М., Кораблев Ю.Ю., Пугачев И.Ю.* Факторы, влияющие на эффективность физической подготовки специалистов-преподавателей старших возрастов инженерно-технических вузов Министерства обороны // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2009. Т. 14. Вып. 1.
14. *Медведев В.И., Марьянович А.Т., Аверьянов В.С. и др.* Компоненты адаптационного процесса. Л., 1984.

Поступила в редакцию 2.10.2011 г.

UDC 371

PREDICTION OF PHYSICAL AND PSYCHO-PHYSIOLOGICAL WORKING CAPACITY OF PERSONNEL OF MILITARY EDUCATIONAL SCIENTIFIC CENTER OF NAVY “NAVAL ACADEMY NAMED AFTER ADMIRAL OF SOVIET UNION FLEET N.G. KUZNETSOV”

Igor Yuryevich PUGACHYOV, Military Educational Scientific Center of Navy “Naval Academy named after Admiral of Soviet Union Fleet N.G. Kuznetsov”, St. Petersburg, Russian Federation, Candidate of Education, Associate Professor of Physical Preparation Department, e-mail: pugachyov.i@yandex.ru

Esedulla Mallaaluyevich OSMANOV, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Doctor of Medicine, Professor, Acting Head of Biology, Microbiology and Hygiene Department, Rector’s Assistant for International Education, e-mail: osmanov@bk.ru

Yuri Yuryevich KORABLYOV, Tambov Branch of Russian Academy of Public Economy and State Service, Tambov, Russian Federation, Candidate of Education, Associate Professor of State and Municipal Management Department, e-mail: pugachyov.i@yandex.ru

The optimum level of efficiency of a military specialist is an objective indicator of his health. It is ensured by the efficient work of all the physiological mechanisms and a high level of physiological reserves. Setting standards of efficiency of military personnel on the psycho-physiological data is referred to the much more complex tasks. The complexity of prognostic assessments associated with the instability of the combat situation, negative effect on the functional state of the body of various factors of exogenous, endogenous nature, the need for maximum possible accounting of all adverse influences. Therefore, prediction of physical and psycho-physiological working capacity of personnel is very important not only for the labor organization personnel, but also to assess the role of human factors in combat training and combat.

Key words: physical training; psycho-physiological training; specialist of Navy (Navy); professional development; Naval Academy named after Admiral of Soviet Union Fleet N.G. Kuznetsov.