

УДК: 159.9:62

## **МЕТОДОЛОГИЯ ОЦЕНКИ И КОНТРОЛЯ КОГНИТИВНОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ СОВМЕЩЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ**

П.Н. Демина, Е.А. Трофимов, Е.Ю. Берсенев

П.Н. Демина (ФГБУ «ФНКЦ КМ» ФМБА России)

Канд. техн. наук, доц. Е.А. Трофимов (НИИ ИАТ, Москва)

Канд. биол. наук Е.Ю. Берсенев (ФГБУ «ФНКЦ КМ» ФМБА России)

В статье рассматриваются вопросы оценки и контроля когнитивной работоспособности человека-оператора, ориентированные на решение целого ряда практических задач: профессиональный отбор, контроль текущего уровня когнитивной работоспособности человека, анализ влияния негативных факторов, в том числе факторов среды обитания на результаты его деятельности и т. п. Дается описание методики количественной и качественной оценки когнитивной работоспособности с использованием современных компьютерных технологий. Описание методики дается на примере анализа динамики результатов исследования одного из операторов в рамках научно-исследовательской работы «Церебрум-А».

**Ключевые слова:** когнитивная работоспособность, индекс когнитивной работоспособности, совмещенная деятельность, оценка качества совмещенной деятельности, фазовый портрет

### **Methodology for Assessing and Monitoring a Human-Operator's Cognitive Performance during Concurrent Activity under the Impact of Unfavorable Environmental Factors. P.N. Demina, E.A. Trofimov, E.Yu. Bersenev**

The paper discusses the issues of assessing and monitoring the cognitive performance of a human operator, focused on solving a number of practical problems, such as: professional selection, monitoring the current level of a human cognitive performance, analysis of the impact of negative factors, including environmental ones, on the results of his activities and so on. The methodology for qualitative and quantitative assessment of cognitive performance using current computer technologies by the example of analyzing the dynamics of the results demonstrated by one of the operators within the framework of the «Cerebrum-A» scientific study is given.

**Keywords:** cognitive performance, index of cognitive performance, concurrent activity, qualitative assessment of concurrent activity, phase portrait

Одним из основных факторов риска любой эргатической системы является человек и в первую очередь его когнитивная работоспособность. К этому фундаментальному свойству человеческой нервной системы в настоящее

время проявляется не только научный, но и высокий практический интерес. Когнитивная работоспособность составляет основу операторской деятельности, объединяя сенсомоторные и абстрактно-логические функции центральной нервной системы и основываясь на таких психофизиологических процессах, как восприятие, мышление, принятие решений и др. Эта область слабо поддается формализации и мониторингу, однако разработка теоретических основ когнитивной работоспособности (как составляющей интеллектуальной деятельности) и создание средств ее оценки и контроля с использованием современных компьютерных технологий являются важнейшими задачами по учету человеческого фактора в организации любой операторской деятельности. И в первую очередь это касается операторов опасных профессий (пилотов, летчиков, космонавтов и др.). Экстремальные условия в сочетании с разномодальными нагрузками на психику человека-оператора могут спровоцировать комплекс функциональных нарушений механизма принятия решений [1]. Успех работы лиц экстремальных профессий, в особенности задействованных в операторской деятельности, зависит не только от уровня развития отдельных функциональных возможностей психики, но и от способности к совмещенной деятельности. Такая деятельность сопряжена с необходимостью решения большого количества самостоятельных задач, которые оператор вынужден либо совмещать, либо разделять в последовательности [2]. При этом следует иметь в виду, что когнитивная работоспособность зависит не только от врожденных типологических способностей человека к совмещенной деятельности, но и от внутренних (состояния здоровья) и внешних факторов, негативно влияющих на результаты деятельности, что значительно осложняет ее контроль и оценку.

Целью настоящей работы является обсуждение методологии оценки и контроля когнитивной работоспособности человека-оператора при осуществлении совмещенной деятельности, а также возможности применения методологии для анализа воздействий негативных факторов среды обитания.

Первые исследования в области совмещенной деятельности, проведенные в 80-х гг. прошлого века, акцентировали внимание на интегральных процессах психики, отвечающих за когнитивную работоспособность [3]. Концепция об интегральных процессах, задействованных в регуляции отдельных психических функций в структуре общей деятельности, была предложена А.В. Карповым [4]. Именно благодаря интегральным процессам, когнитивная работоспособность может рассматриваться в качестве индикатора влияния внешних условий на качество операторской деятельности.

Представленная в настоящей статье методология оценки когнитивной работоспособности как раз и ориентирована на такую оценку. Методология имеет две составляющие. Первая – это процедура тестирования с использованием программы «Адаптивная модель операторской деятельности (АМОД)». Программа позволяет в тестовом режиме измерять параметры качества совмещенной деятельности (синхронного решения логической задачи

и задачи слежения за движущимся объектом). Вторая составляющая – это методика количественного и качественного анализа совмещенной деятельности. Она ориентирована на расчет интегральной оценки когнитивной работоспособности человека и построение фазового портрета совмещенной деятельности.

Описание методики дается на примере анализа результатов одного сеанса тестирования оператора в рамках научно-исследовательской работы «Церебрум-А».

### **Концепция АМОД**

Программа АМОД относится к классу «аппаратурных поведенческих методик» и является тестом «достижений», реализуя объективные методы тестирования. В ее основе лежит виртуальное моделирование совмещенной деятельности как процесса, связанного с восприятием определенной информации, ее переработкой и принятием решений по выполнению необходимых действий. Эта модель позволяет получить необходимые исходные данные для интегральной оценки когнитивной работоспособности человека-оператора. Известный немецкий физиолог Х.-Ф. Ульмер в своих работах отмечает, что измерение когнитивной работоспособности – одна из ключевых задач психофизиологии. Если физическую работу, подобно физическим нагрузкам, можно выразить в физических величинах, то когнитивную работу измерить существенно труднее [5].

Несмотря на многообразие зарубежных аналогов АМОД, среди них практически отсутствуют средства интегральной оценки когнитивной работоспособности [6, 7]. Основными преимуществами АМОД по сравнению с зарубежными аналогами являются отсутствие привыкания к тесту и реализация адаптивного режима тестирования.

Программа АМОД моделирует одновременное выполнение оператором сенсомоторной и абстрактно-логической деятельности, что является наиболее частым случаем в эргатических системах. В модельной процедуре (в условиях дефицита времени на принятие решения) оператору предлагается синхронно решать две информационно не связанные задачи – следить за мишенью на экране монитора с помощью манипулятора (в исследовании использовалась клавиатурная мышь) и решать серию логических задач (осуществлять устный счет). На рис. 1 представлен пример экранной выдачи программы АМОД. Виртуальная цель представляет собой мишень, а манипулятор управляет визиром, который необходимо совместить с мишенью. Цель описывает по экрану монитора фигуру Лиссажэ (осуществляет два гармонических колебания в двух взаимно перпендикулярных направлениях). Цифры для логической задачи располагаются вокруг мишени. Оператор должен попарно сложить вертикально и горизонтально расположенные цифры, а затем сравнить полученные суммы. Результат «больше/равно – меньше» фиксируется нажатием правой или левой кнопки манипулятора.

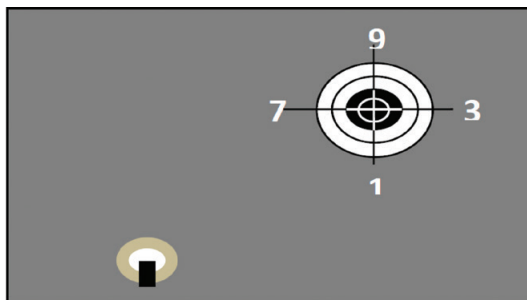


Рис 1. Экранная выдача программы АМОД

Отличительная особенность программы АМОД заключается в том, что она является адаптивной к операторским способностям. Это выражается в возможности автоматического изменения уровня сложности заданий, предъявляемых оператору на экране монитора, в зависимости от качества выполнения им предшествующих заданий. Если оператор успешно справляется с предъявленным ему заданием, то в следующий момент времени ему будет выдано более сложное задание (виртуальная цель на экране, за которой нужно непрерывно следить, начнет двигаться с большей скоростью). И наоборот, задание упрощается, когда оператор не может успешно справиться с предъявленным уровнем задачи (скорость перемещения цели по экрану уменьшается). Одновременно с этим успешность принятия решения по логической задаче приводит к сокращению времени на принятие решения в следующей серии задач. Такой подход позволяет выявить максимальный уровень сложности, с которыми способен справиться данный оператор.

Время тестирования АМОД составляет 5 минут. Проведенные исследования [8, 9] показывают, что этого времени вполне достаточно на то, чтобы система «человек – машина» пришла в равновесие (устойчивое состояние), то есть показатели качества совмещенной деятельности оптимизируются. Оператор выходит на оптимальный уровень своих функциональных возможностей по выполнению совмещенной деятельности.

В процессе тестирования происходит регистрация результатов работы – фиксируются скоростные характеристики маневра цели, а также скоростные характеристики и ошибки решения логической задачи. Данные снимаются каждые 15 мс. В зависимости от целей последующего анализа результатов тестирования, регистрируемые показатели усредняются за выбранный интервал времени. Для научно-исследовательской работы «Церебрум-А» этот интервал принят  $\Delta t = 6$  секунд.

На основании экспериментальных данных рассчитываются показатели качества сенсомоторной  $Q_c$  и абстрактно-логической  $Q_d$  деятельности. Текущие значения  $Q_c$  вычисляются как среднее значение линейной скорости маневра цели за интервал времени усреднения, соответственно, текущее значение  $Q_d$  – среднее значение скорости правильного решения логической задачи.

Идея создания программы АМОД принадлежит И.Г. Городецкому, академику Российской академии космонавтики имени К.Э. Циолковского [9]. Программа АМОД прошла апробацию в рамках международного эксперимента «Марс-500», а также в нескольких экспериментальных исследованиях пилотов гражданской авиации [10–12]. Корреляционное сравнение результатов АМОД с признанными психофизиологическими тестами показало достоверность методики.

### **Методика количественной и качественной оценки совмещенной деятельности**

Методика количественной и качественной оценки совмещенной деятельности (на первом этапе анализа результатов тестирования) предусматривает построение гистограмм показателей качества  $Q_c$  и  $Q_n$ . На рис. 2 представлены результаты тестирования оператора Л в первой серии эксперимента в благоприятном психофизиологическом состоянии и после воздействия внешних негативных факторов (укачивание с использованием оптокинетического стимулятора, реализованного в шлеме виртуальной реальности). На гистограммы нанесены линии тренда показателей  $Q_c$  и  $Q_n$  (в качестве инструмента графического анализа динамики их текущих значений). Волнообразный характер линий тренда обусловлен двумя факторами: характером процесса адаптации сложности задач, предъявляемых оператору (изменение сложности задач по результатам их решения), и параметрами линии тренда (в данном случае используется полиномиальная зависимость).

Для анализа результатов тестирования информационно значимым является взаимное расположение линий тренда. По первой гистограмме (А) можно сделать вывод, что доминантной стратегией совмещенной деятельности у оператора Л является логика (абстрактно-логическое мышление). Качество выполнения логической задачи практически в два раза выше, чем качество выполнения задачи слежения. Но как только оператор подвергается воздействию внешних негативных факторов (гистограмма В), картина меняется. Мы видим, что линии тренда сблизилась, снизилось качество решения логической задачи, в то время как для задачи слежения эти изменения не так ощутимы. То есть внешние негативные факторы влияют в первую очередь на доминантную стратегию принятия решения. Кроме того, линии тренда  $Q_c$  и  $Q_n$  (рис. 2, А) находятся в противофазе. Это означает, что свой когнитивный ресурс оператор Л расходует, переключая внимание с одной задачи на другую. Как отмечает Т.П. Зинченко [13], совмещенная деятельность может отличаться как распределением внимания, так и его переключением, что определяет особенности когнитивного стиля личности испытуемого. В данном случае оператор Л в своей стратегии совмещенной деятельности использует переключаемость внимания при доминировании абстрактно-логического мышления. Но после воздействия внешних негативных факторов

(рис. 2, *B*) линии тренда практически стали синхронными, когнитивный ресурс стал распределяться более равномерно.

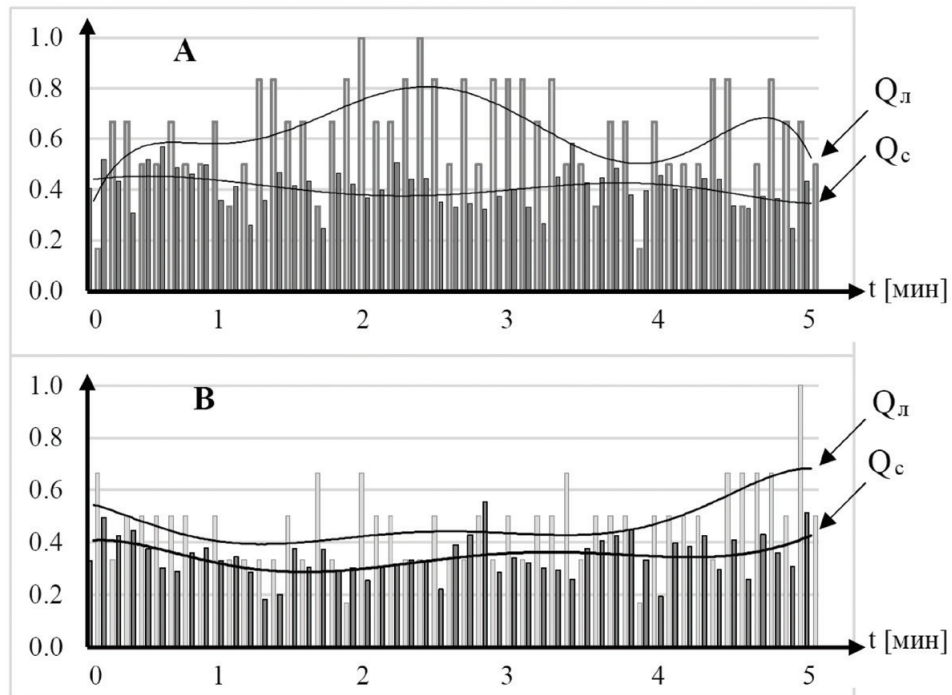


Рис 2. Гистограммы результатов тестирования оператора Л:  
*A* – до воздействия неблагоприятного фактора среды; *B* – после воздействия  
 неблагоприятного фактора среды

### Количественный анализ совмещенной деятельности

Важным системным признаком совмещенной деятельности является одномоментность реализации ряда когнитивных функций, на совмещении которых проявляется концентрация внимания лица, осуществляющего эту деятельность. Количественная оценка степени реализации человеком своих функциональных возможностей всегда представлялась сложной и трудоемкой процедурой. Оценка должна быть интегральной, а ее валидность в первую очередь зависит от составляющих элементов.

Для интегральной оценки способности человека к совмещенной деятельности вводится понятие индекса когнитивной работоспособности – «индекс CQ» (cognition quotient). Модель индекса CQ представляет собой линейную форму, включающую три базовых показателя, которые в совокупности являются достаточно чувствительным индикатором всего многообразия факторов, влияющих на CQ:

$$CQ = n(\lambda_1 K + \lambda_2 Q_c + \lambda_3 Q_{л}), \quad (1)$$

где  $Q_{л}$  – качество абстрактно-логической деятельности;  
 $Q_c$  – качество сенсомоторной деятельности;  
 $K$  – коэффициент корреляции показателей  $Q_c$  и  $Q_{л}$ ;  
 $\lambda_i$  – весовые коэффициенты показателей качества деятельности;  
 $n$  – масштаб шкалы измерения.

Наряду с показателями качества абстрактно-логической и сенсомоторной деятельности, в модели CQ используется коэффициент корреляции текущих значений  $Q_c$  и  $Q_{л}$ . Этот коэффициент, в некотором смысле, характеризует способность человека к концентрации внимания (переключаемости, распределения).

На практике расчетные значения индекса CQ не имеют строго нормального распределения, а только могут приближаться к нему, что определяет валидность самой модели. В этой ситуации степень соответствия CQ нормальному распределению в значительной степени зависит от значений весовых коэффициентов  $\lambda_i$ . Они определяются по выборке большого количества серий тестирования. Для расчетов были использованы значения коэффициентов  $\lambda_i$ , полученные по имеющейся выборке результатов тестирования группы пилотов гражданской авиации [10].

Методика применялась в условиях моделирования взаимодействия экипажа в замкнутом объеме в эксперименте «Марс-500». По данным получена высокая корреляционная связь с общепризнанными психологическими тестами, отмечается высокая чувствительность методики к текущим психическим состояниям космонавтов-испытателей [10]. Также авторами на основе проведенных исследований пилотов гражданской авиации выявлена предсказательная успешность пилотирования в тренажерных тестах, а в другом исследовании обнаружена тесная корреляционная связь с качеством ручного пилотирования большегрузных самолетов [11].

По результатам выполненных расчетов мы получили следующую модель интегрального показателя качества совмещенной деятельности:

$$CQ = 28,6(K + 2,3Q_c + 3Q_{л}). \quad (2)$$

Расчетные значения индекса когнитивной работоспособности CQ и составляющих его показателей (до и после воздействия неблагоприятного фактора среды) представлены в табл.

Результаты тестирования оператора Л

Условия тестирования	CQ	$Q_c$	$Q_{л}$	$K$
До воздействия неблагоприятного фактора среды	135,76	0,56	1,00	0,47
После » » » »	107,96	0,47	0,75	0,45

Модель индекса CQ строится таким образом, чтобы максимально возможное значение для любого оператора  $CQ_{\max} = 180$ , при наиболее вероятном значении  $CQ = 100$ .

Расчет значений весовых коэффициентов  $\lambda_i$  осуществлялся при условии нормального распределения результатов тестирования (рис. 3).

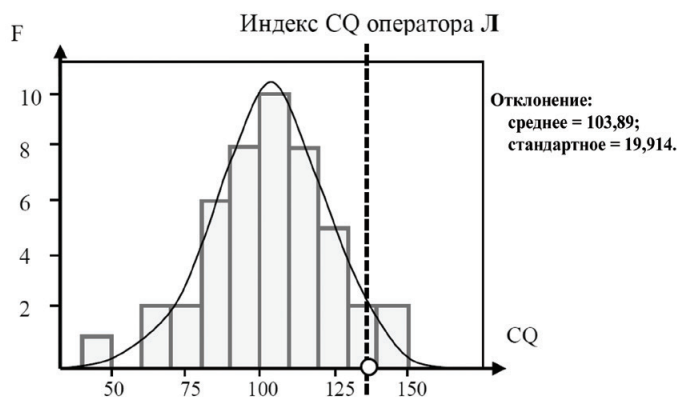


Рис. 3. Гистограмма распределения индекса CQ

Результаты тестирования показывают, что оператор Л даже после воздействия неблагоприятного фактора среды показывает высокий уровень когнитивной работоспособности. Однако воздействие условий эксперимента все же оказывает негативное влияние на результаты тестирования. Так, среднее снижение индекса CQ составило примерно 10 %.

Важным этапом реализации методики количественного и качественного анализа совмещенной деятельности является расчет индивидуальных и популяционных норм для отдельных показателей  $Q_c$  и  $Q_n$  и индекса когнитивной работоспособности CQ в целом. Наличие индивидуальных норм позволяет контролировать влияние различного рода негативных факторов на психическое состояние человека путем их сопоставления с текущим уровнем показателей качества. Популяционные нормы являются необходимым условием обеспечения валидности модели индекса CQ.

### Качественный анализ совмещенной деятельности

Методика качественного анализа совмещенной деятельности человека-оператора ориентирована на визуализацию (графическое представление) стратегий принятия решений в тестовом режиме (в системе АМОД). Метод основан на построении фазовых портретов динамических систем, представляющих собой совокупность траекторий изменения состояния системы в координатах ( $Q_c$ ,  $Q_n$ ) – качества выполнения задачи слежения и качества решения логической задачи [12]. На рис. 4 представлен фазовый портрет совмещенной деятельности оператора Л в благоприятном психофизиологическом состоянии (А)



и после воздействия неблагоприятного фактора среды (В). Фазовая траектория отражает состояние системы от начала тестирования (в точке 0,0) до устойчивого состояния в точке аттрактора (конечное состояние, к которому эволюционирует динамическая система).

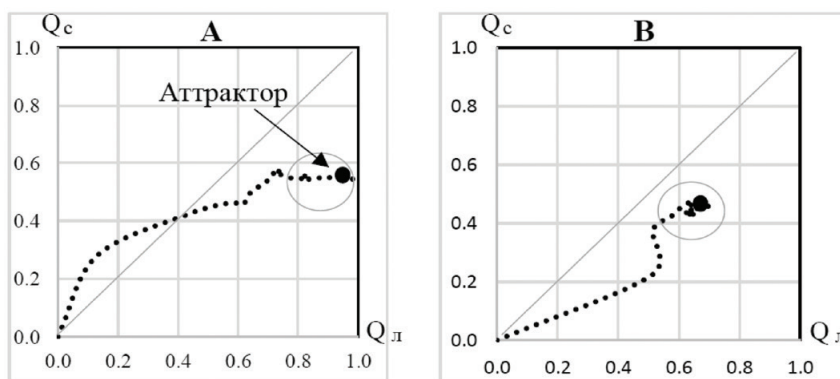


Рис 4. Визуализация стратегий совмещенной деятельности:

*A* – до воздействия неблагоприятного фактора среды; *B* – после воздействия неблагоприятного фактора среды

По аттрактору визуально можно оценить, как оператор перераспределяет свой когнитивный ресурс, какому виду деятельности он отдает предпочтение, отслеживается устойчивость совмещенной деятельности. На фазовом портрете информационно значимым является расположение аттрактора и форма фазовой траектории системы. Изломы фазовой траектории означают переключение внимания оператора с решения одной задачи на другую, как показано на рис. 4, *A*. Если фазовая траектория гладкая (не имеющая изломов), то стратегия совмещенной деятельности характеризуется распределением внимания оператора (рис. 4, *B*).

При многократном тестировании одного оператора, его фазовые траектории, как правило, отличаются, но их совокупность будет уникальна – все точки аттрактора будут размещаться в компактной зоне (на рис. эти зоны обозначены окружностью). Это обусловлено врожденными индивидуально-типологическими особенностями психики человека. Однако при наличии неблагоприятных факторов (внешние воздействия условий эксперимента) зона размещения аттракторов будет смещаться (рис. 4, *B*).

Таким образом, методика построения фазового портрета совмещенной деятельности оператора Л позволяет дать достаточно обоснованное заключение о его преимущественной стратегии принятия решений как предпочтение абстрактно-логическому мышлению. Стратегия характеризуется переключаемостью внимания, оценка качества решения логических задач близка к максимуму. Влияние воздействия негативных факторов внешней среды проявилось снижением качества сенсомоторной деятельности на 8 %,

а абстрактно-логической – на 24 %. Кроме того, стратегия деятельности стала характеризоваться более равномерным распределением когнитивного ресурса между решаемыми задачами.

## Выводы

В целом можно констатировать, что представленная методология оценки и контроля когнитивной работоспособности человека-оператора обладает высокой функциональностью, ориентированной на решение целого ряда исследовательских задач:

- Тестирование совмещенной деятельности, в процессе которой оператор решает две информационно не связанные задачи, требующие активации абстрактно-логического и наглядно-образного мышления.

- Расчет (по результатам тестирования) интегрального показателя совмещенной деятельности – индекса когнитивной работоспособности CQ, включающего оценку качества абстрактно-логического мышления, качества наглядно-образного мышления и оценку степени концентрации внимания на совмещенное решение задач.

- Расчет популяционных и индивидуальных норм когнитивной работоспособности для различных видов деятельности.

- Построение фазового портрета совмещенной деятельности – графической интерпретации свойств когнитивного стиля личности оператора в динамике решения тестовых задач.

Все это позволяет расширить целевую аудиторию применения методологии. Она может быть рекомендована для использования в исследованиях влияния факторов среды обитания на функциональные возможности человека-оператора. Также перспективной является возможность модернизации и адаптации программы АМОД для применения в исследованиях работы мозга, например, для проведения тестирования в магнитно-резонансном томографе.

Методология может быть использована в кадровых службах для решения задач профотбора, где предъявляются специальные требования к уровню когнитивной работоспособности специалистов. С ее помощью можно осуществлять текущий контроль когнитивной работоспособности персонала на особо важных участках с целью снижения рисков негативного проявления человеческого фактора; за восстановлением когнитивной работоспособности в процессе реабилитации и т. п.

Методика количественной и качественной оценки когнитивной работоспособности позволяет получить информацию о когнитивном стиле личности сотрудников при формировании коллективов и распределении обязанностей<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено этическим комитетом ФГБУ «ФЦМН» ФМБА России (протокол № 6/16-11-23 от 16 ноября 2023 г.). Финансирование: работа выполнялась в рамках государственного задания с шифром «Церебрум-А».

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Горбов, Ф.Д. Психоневрологические аспекты труда операторов / Ф.Д. Горбов, В.И. Лебедев. – Москва: Медицина, 1975. – 299 с.
- [2] Совмещенная деятельность // Студопедия: сайт. – 2015. – URL: [http://studopedia.ru/8\\_3307\\_sovmeshchennaya-deyatelnost.html](http://studopedia.ru/8_3307_sovmeshchennaya-deyatelnost.html) (дата обращения 06.01.24).
- [3] Бодров, В.А. Психология профессиональной деятельности. Теоретические и прикладные проблемы. – Москва: Институт психологии РАН, 2006. – 622 с.
- [4] Карпов, А.В. Методологические основы психологии принятия решения. – Ярославль: Ярослав. гос. университет, 1999. – 230 с.
- [5] Физиология человека: [учебник]: в 3-х т. / Пер. с англ. под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – Москва: Мир, 1996. – 875 с.
- [6] Head-Down-Tilt Bed Rest with Elevated CO<sub>2</sub>: Effects of a Pilot Spaceflight Analog on Neural Function and Performance During a Cognitive-Motor Dual Task / A.D. Mahadevan, K.E. Hupfeld, J.K. Lee [et al.] – DOI: 10.3389/fphys.2021.654906 // Front Physiol. – 2021. – 12 p.
- [7] The Effects of Long Duration Spaceflight on Sensorimotor Control and Cognition / G.D. Tays, K.E. Hupfeld, H.R. McGregor [et al.] – DOI: 10.3389/fncir.2021.723504 // Front Neural Circuits. – 2021. – 14 p.
- [8] Городецкий, И.Г. Индекс когнитивной работоспособности операторов в эргатических системах / И.Г. Городецкий, Е.А. Трофимов // Психологический журнал. – 2016. – Т. 37, № 5. – С. 22–31.
- [9] Городецкий, И.Г. Качественный анализ структуры совмещенной деятельности оператора / И.Г. Городецкий, Е.А. Трофимов // Труды 2-й Международной научно-практической конференции «Человеческий фактор в сложных технических системах и средах». – Санкт-Петербург, 2016. – С. 163–171.
- [10] Якимович, Н.В. Анализ влияния длительной социальной изоляции на умственную работоспособность космонавтов (по материалам эксперимента «Марс-500») / Н.В. Якимович, И.Г. Городецкий // Проблемы безопасности полетов. – 2012. – № 2. – С. 4–21.
- [11] Создание методики для диагностики способности к совмещенной деятельности / И. Городецкий, Н. Якимович, Е. Трофимов, В. Чиронов [и др.] // Психологические исследования: электронный научный журнал. – 2012. – Т. 5, № 26. – 12 с. – URL: <https://doi.org/10.54359/ps.v5i26.734>. – Дата публикации: 23.12.2012.
- [12] Якимович, Н.В. Методика на совмещенную деятельность как новый инструмент для профотбора космонавтов // Материалы XV Международной научно-практической конференции «Пилотируемые полеты в космос». – 2023. – С. 330–332.
- [13] Зинченко, Т.П. Когнитивная и прикладная психология. – Москва: Московский психолого-социальный институт; Воронеж: МОДЭК, 2000. – 608 с.

## REFERENCES

- [1] Gorbov, F.D. Psychoneurological Aspects of an Operator Performance / F.D. Gorbov, V.I. Lebedev. – Moscow: Medicine, 1975. – 299 p.
- [2] Concurrent Activity // Studopedia, 2015. – URL: [http://studopedia.ru/8\\_3307\\_sovmeshchennaya-deyatelnost.html](http://studopedia.ru/8_3307_sovmeshchennaya-deyatelnost.html) (accessed 06.01.24).

- [3] Bodrov, V.A. Psikhologiya Professional'noy Deyatel'nosti [Psychology of Professional Activity]. Theoretical and Applied Problems. – Moscow: Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences, 2006. – 622 p.
- [4] Karpov, A.V. Methodological Foundations of Psychology of Decision Making. – Yaroslavl: Yaroslavl State University, 1999. – 230 p.
- [5] Human Physiology: [textbook]: in 3 Volumes. / Trans. from English. Ed. by R. Schmidt and G. Tevs. – Moscow: Mir, 1996. – 875 p.
- [6] Head-Down-Tilt Bed Rest with Elevated CO<sub>2</sub>: Effects of a Pilot Spaceflight Analog on Neural Function and Performance During a Cognitive-Motor Dual Task / A.D. Mahadevan, K.E. Hupfeld, J.K. Lee [et al.] – DOI: 10.3389/fphys.2021.654906 // Front Physiol. – 2021. – 12 p.
- [7] The Effects of Long Duration Spaceflight on Sensorimotor Control and Cognition / G.D. Tays, K.E. Hupfeld, H.R. McGregor [et al.] – DOI: 10.3389/fncir.2021.723504 // Front Neural Circuits. – 2021. – 14 p.
- [8] Gorodetsky, I.G. Index of Operator's Cognitive Performance in Operator-Dependent Systems / I.G. Gorodetsky, E.A. Trofimov // Psychological Journal. – 2016. – Vol. 37, No 5. – P. 22–31.
- [9] Gorodetsky, I.G. Qualitative Analysis of the Structure of Concurrent Activities of the Operator / I.G. Gorodetsky, E.A. Trofimov // Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference “The Human Factor in Complex Technological Systems and Environments”. – St. Petersburg, 2016. – P. 163–171.
- [10] Yakimovich, N.V. Analysis of the Prolonged Social Isolation Effect on the Mental Performance of Cosmonauts (Based on the Materials of Mars-500 Experiment) / N.V. Yakimovich, I.G. Gorodetskiy // Problemy Bezopasnosti Poletov. – 2012. – No 2. – P. 4–21.
- [11] Development of a Methodology for Diagnosing the Concurrent-Task Performance Skills / I.G. Gorodetskiy, N.V. Yakimovich, Ye. Trofimov, V. Chironov [et al.] // Psychological Research: Electronic Scientific Journal. – 2012. – Vol. 5, No 26. – URL: <https://doi.org/10.54359/ps.v5i26.734>. – Date of Publication: 23.12.2012.
- [12] Yakimovich, N.V. The Methodology for Concurrent-Task Performance as a New Tool of Cosmonaut Selection // Materials of the 15th International Scientific and Practical Conference “Manned Space Flights” – 2023. – P. 330–332.
- [13] Zinchenko, T.P. Cognitive and Applied Psychology. – Moscow: Moscow Psychological and Social Institute; Voronezh: MODEK, 2000. – 608 p.