

Использование компьютерной системы оценки психической работоспособности в режиме домашней лаборатории

© Т. М. Смирнова

© В. Н. Крутько

Институт системного анализа ФИЦ ИУ РАН,
Москва

smirnova.tatyana@gmail.com

krutkovn@mail.ru

Аннотация

Компьютерная система «СОПР-мониторинг» была разработана нами для целей психофизиологического мониторинга в экспериментальных исследованиях в области космической медицины. Этот компьютерный инструмент был использован в разнообразных экспериментах, в том числе в международном проекте «Марс-500». В домашних условиях система «СОПР-мониторинг» применялась в целях многолетнего индивидуального мониторинга умственной работоспособности, сенсомоторной координации и психо-эмоционального состояния. Анализ данных этого исследования позволил выявить ряд индивидуальных особенностей в динамике психо-эмоционального состояния и работоспособности: долговременные тренды, суточные и годовые ритмы, чувствительность к экстремальным погодным условиям. Результаты индивидуального мониторинга могут быть использованы в целях оптимизации режима труда и отдыха, в особенности в условиях удаленной работы. Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках проекта № 14.607.21.0123.

1 Цели и методы исследования

Исследование было проведено в целях проверки возможностей использовать компьютерную систему «СОПР-мониторинг», эффективность которой была многократно подтверждена в экспериментах по изучению состояния и работоспособности человека в условиях реальных и моделированных факторов космического полета, для оценки индивидуальных характеристик состояния и работоспособности при выполнении привычной профессиональной деятельности в домашних условиях.

Компьютерная система «СОПР-мониторинг» [1] была разработана при участии сотрудников ГНЦ РФ - ИМБП РАН – ведущей российской организации в сфере медико-биологического обеспечения пилотируемых космических объектов и фундаментальных исследований в области космической биологии и медицины. «СОПР-мониторинг» представляет собой компактную компьютерную реализацию ряда тестовых методик, которые традиционно используются в космической медицине и показали высокую информативность. Ранее некоторые из этих методик имели аппаратную реализацию, а анализ психологического состояния космонавтов и испытателей-добровольцев осуществляли с помощью анкетирования в бумажном виде.

Управление работой системы «СОПР-мониторинг» организовано по принципу меню. На каждом этапе работы на монитор выводятся кнопки управления для выбора возможных вариантов действий пользователя и подсказки, описывающие возможные действия.

Перед началом первого сеанса работы пользователь должен зарегистрироваться, указав фамилию, имя, отчество, дату рождения и пол. Два поля – «Профессии» и «Виды спорта», - отражающие имеющийся у пользователя опыт, не обязательны для заполнения, однако содержащаяся в них информация может оказаться важной для интерпретации результатов мониторинга.

После первичной регистрации или выбора нужного имени в списке зарегистрированных пользователей последовательно предъявляется следующий набор тестовых методик:

- 8-цветовой тест Люшера;
- тест САН (самооценка самочувствия, активности и настроения);
- непрерывный счет в автотемпе (НСАТ);
- реакция на движущийся объект (РДО);
- тест Спилбергера-Ханина на реактивную тревожность;
- тест Люшера повторно.

Таким образом, набор тестовых методик обеспечивает оценку наиболее лабильных

компонент психической работоспособности – умственной работоспособности и сенсомоторной координации, а также оценку психо-эмоционального состояния. Реализация теста САН в системе «СОПР-мониторинг» несколько отличается от традиционного бланкового метода. Как и в бланковом варианте, последовательно предъявляется 30 пар контрастных утверждений относительно состояния пользователя, но шкала оценки близости состояния к одному из крайних вариантов – не дискретная с 3 градациями с каждой стороны, а непрерывный интервал от -1 (наихудшее возможное состояние) до 1 (наилучшее состояние). По 30 ответам вычисляются интегральные оценки по всем трем шкалам теста, которые заносятся в файл результатов.

В процессе выполнения методики НСАТ в течение 3 минут на монитор последовательно выводятся однозначные числа зеленого, красного или синего цвета. Пользователь должен, начиная с исходного числа, в дальнейшем все зеленые числа прибавлять, а красные – вычитать из предыдущей суммы, набирая результат на цифровой клавиатуре. В случае появления синего числа необходимо повторить предыдущий результат. По результатам этого теста фиксируются общее число выполненных операций и число правильных ответов, а также рассчитывается показатель точности счета – процентная доля правильных ответов.

После вызова теста РДО на экране появляется окружность с неподвижной меткой и шариком, который начинает двигаться по окружности. Задача пользователя – нажимать на клавишу <Enter> каждый раз, когда подвижная метка касается неподвижной. Продолжительность теста – около 3 минут, за это время шарик проходит 30 кругов. В файле результатов фиксируется время ошибки реакции для каждого круга (если на каком-то круге клавиша <Enter> не была нажата, - пробел), а также расчетные величины – средний модуль ошибки (СМО), средняя величина ошибки (СО) и максимальный модуль ошибки (ММО).

В тесте Спилбергера-Ханина пользователь должен выбрать один из четырех предлагаемых вариантов ответа на 20 последовательно задаваемых вопросов. Результатом теста является интегральная оценка реактивной тревожности.

Система «СОПР-мониторинг» применялась в разнообразных экспериментах, проведенных на базе ГНЦ РФ - ИМБП РАН [2, 4, 5, 7] и посвященных исследованию индивидуальной и среднegrupповой динамики психо-эмоционального состояния и работоспособности в малых группах испытуемых-добровольцев на фоне имитации комплекса факторов космического полета. Продолжительность экспериментов соответствовала длительности реальных и проектируемых космических миссий – от нескольких суток до 520 суточного эксперимента по моделированию пилотируемого полета на Марс с высадкой на поверхность планеты, в котором

участвовали 6 испытателей из России, Италии, Франции и Китая.

В целях исследования возрастной динамики и половых различий психо-эмоционального состояния и умственной работоспособности система «СОПР-мониторинг» была использована при обследовании профессионально однородной группы из 10 мужчин и 17 женщин в условиях привычной профессиональной деятельности [6].

Также эта система была использована в клиническом исследовании в рамках межведомственного проекта «Живи долго!» [3]. Целью данного проекта, выполненного на базе ГКБ № 11 города Воронежа, являлись исследование динамики старения и апробация методов замедления старения в условиях современного российского города. В рамках этого проекта были обследованы лица пожилого возраста (51 - 87 лет; всего 80 человек), поэтому наиболее сложная нагрузочная проба – тест НСАТ – не использовалась. С прочими тестами обследуемые успешно справились, что доказывает удобство системы тестирования и ее приемлемость для лиц со значительно более низкими функциональными возможностями, чем у космонавтов и испытателей, допущенных к участию в экспериментах в области космической медицины.

В домашних условиях система «СОПР-мониторинг» была использована для многолетнего (с марта 2007 г. по май 2016 г., всего 190 сеансов) тестирования одним человеком. Это исследование не имело заранее заданного плана, поэтому интервалы между сеансами варьировали от неполных суток до 286 дней. Тестирование осуществлялось в разное время суток в перерывах в процессе работы за компьютером – либо выполнения привычной профессиональной деятельности, либо поиска информации для различных индивидуальных целей. В ходе домашнего тестирования была использована возможность заносить в файлы результатов комментарии, уточняющие условия тестирования.

Для анализа результатов домашнего мониторинга были использованы методы корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализа. Вычисления выполнены с помощью пакета Statistica.

2 Результаты и обсуждение

2.1 Долговременные тренды

Анализ многолетних тенденций изменения состояния организма и работоспособности представляет интерес в первую очередь в плане выявления возрастных трендов. В таблице 1 приведены значения коэффициентов корреляции между выборками показателей мониторинга и рядом моментов наблюдений (за начало отсчета было принято начало первого сеанса). Достоверное снижение качества деятельности было отмечено по всем показателям теста НСАТ, но не по показателям теста РДО. Самооценка состояния ухудшалась со

временем по всем параметрам, однако значимых изменений тревожности не наблюдалось. Вклад линейной временной компоненты в динамику показателей мониторинга был невелик, - коэффициент детерминации ни в одном случае не достигал 20%. Линейная аппроксимация даже наиболее тесно коррелированных со временем показателей по формуле:

$$y=A+B*t,$$

где y – показатель мониторинга,

t - время,

A и B – коэффициенты,

показала, что среднегодовое снижение показателей умственной работоспособности и самооценки состояния не превышало нескольких процентов от начального уровня (таблица 2).

Таблица 1 Корреляционные связи показателей мониторинга со временем регистрации.

Показатели	r	r ² , %	p
Число правильных ответов	0,427	18,3	0,000
Число операций	0,423	17,9	0,000
Точность	0,205	4,2	0,005
СМО	0,050	0,2	0,498
СО	0,043	0,2	0,559
ММО	0,071	0,5	0,330
Самочувствие	0,254	6,4	0,001
Активность	0,178	3,2	0,016
Настроение	0,374	14,0	0,000
Тревожность	0,033	0,1	0,648

Таблица 2 Параметры линейного тренда показателей мониторинга.

Показатели	A	B, 1/год	B*1год, % A
Число правильных ответов	119,5	-1,3	-1,1
Число операций	119,9	-1,3	-1,0
Точность, %	99,6	-0,1	-0,1
Самочувствие	0,59	-0,02	-2,6
Активность	0,34	-0,01	-2,6
Настроение	0,51	-0,02	-3,6

Однако при более детальном рассмотрении динамики показателей мониторинга можно увидеть, что связь с фактором времени была значимой и для показателей сенсомоторной реакции (таблица 3). Это свидетельствует о немономонном характере

динамики этих показателей. Не были монотонными изменения даже наиболее тесно коррелированных со временем показателей умственной работоспособности (рисунки 1 и 2). В отдельные годы наблюдался рост этих показателей, что свидетельствует о наличии иных, помимо возрастных изменений, факторов, влияющих на уровень умственной работоспособности.

Таблица 3 Уровни значимости связи показателей мониторинга с годом наблюдения.

Показатели	p
Число правильных ответов	5,2E-08
Число операций	6,9E-08
Точность	3,9E-03
СМО	1,1E-07
СО	2,4E-04
ММО	7,1E-06
Самочувствие	4,5E-04
Активность	7,5E-05
Настроение	5,9E-07
Тревожность	0,371

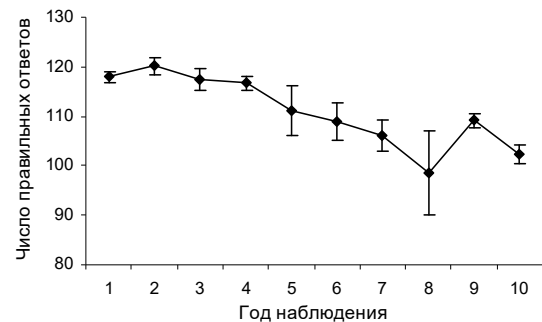


Рисунок 1 Динамика числа правильных ответов по годам наблюдения

Примечание: на этом и всех следующих рисунках приведены средние и стандартные ошибки среднего.

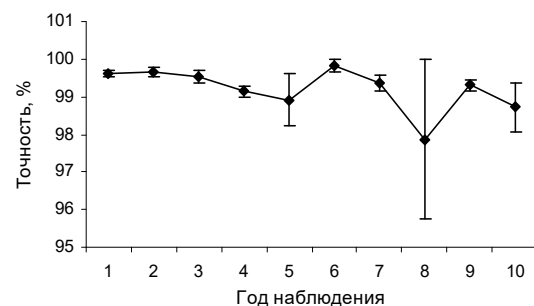


Рисунок 2 Динамика точности счета по годам наблюдения.

Показатели ошибки сенсомоторной реакции снижались не только в первые 2-3 года тестирования (что можно было бы связать с эффектом обучения), но и в дальнейшем – на шестой год по сравнению с

пятым (рисунки 3 и 4). Монотонный рост СМО и СО (но не ММО), который можно было бы связать с возрастными изменениями, имел место, начиная только с седьмого года наблюдения.

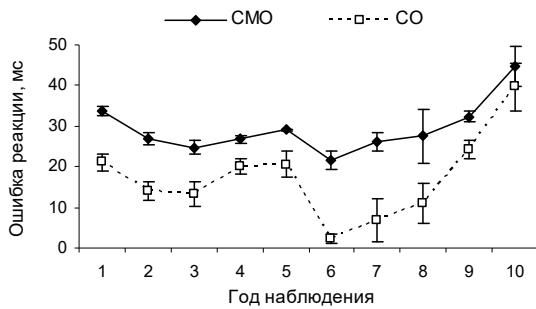


Рисунок 3 Динамика среднего модуля и средней ошибки реакции по годам наблюдения.

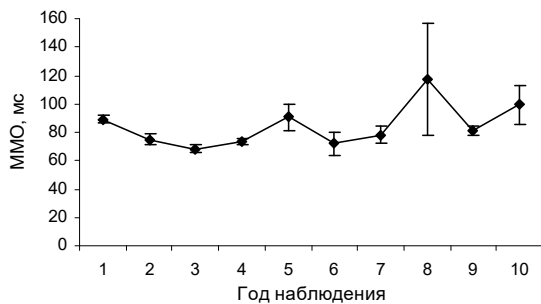


Рисунок 4 Динамика максимального модуля ошибки реакции по годам наблюдения.

Динамика показателей самооценки состояния также не была монотонной, причем вид всех трех кривых был различен (рисунки 5-7).

Различному характеру временной динамики показателей мониторинга не может быть дано однозначное объяснение на основе имеющейся информации об условиях исследования на всем его протяжении. Отсюда следует, что при проведении мониторинга вне строго контролируемых условий научного эксперимента необходимо более подробное описание условий тестирования.

2.2 Суточная периодичность

Анализ суточных периодичностей работоспособности важен для определения оптимального режима труда и отдыха.

Для анализа суточных периодичностей время выполнения тестов было категоризировано по двухчасовым интервалам. Результаты дисперсионного анализа связи между показателями мониторинга приведены в таблице 4. Почти для всех показателей, за исключением точности счета и настроения, эта связь оказалась статистически значимой.

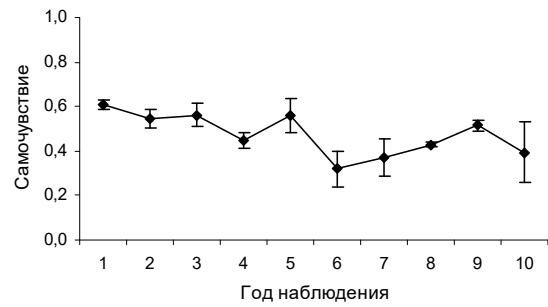


Рисунок 5 Динамика самочувствия по годам наблюдения.

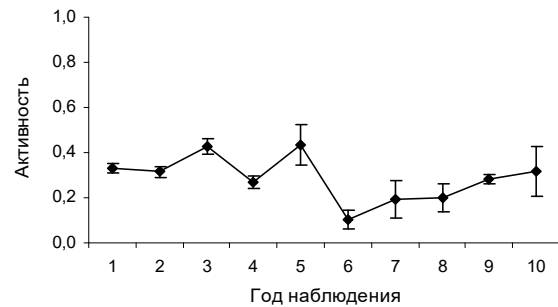


Рисунок 6 Динамика активности по годам наблюдения.

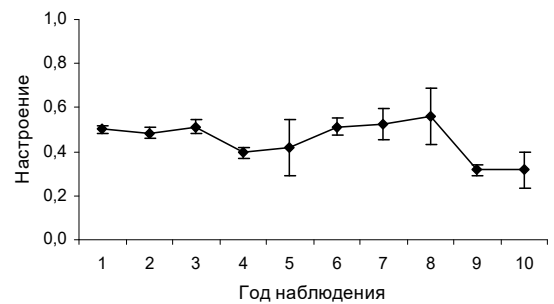


Рисунок 7 Динамика настроения по годам наблюдения.

Таблица 4 Уровни значимости связи показателей мониторинга со временем суток.

Показатели	p
Число правильных ответов	0,050
Число операций	0,043
Точность	0,094
СМО	0,004
СО	0,002
ММО	0,001
Самочувствие	0,015
Активность	0,000
Настроение	0,275
Тревожность	0,008

Умственная работоспособность была значительно ниже в ночное время по сравнению с дневными и вечерними часами. Максимальная работоспособность имела место в период от 8 до 10 часов утра, после чего довольно плавно снижалась вплоть до полуночи (рисунок 8).

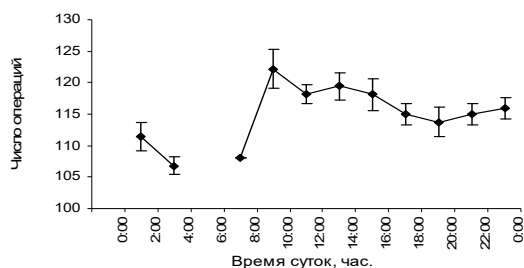


Рисунок 8 Суточная периодичность числа операций.

Максимальная эффективность сенсомоторной деятельности также отмечалась между 8 и 10 часами утра, но затем ошибка реакции резко возросла (рисунок 9). Во второй половине дня сенсомоторная координация улучшалась, и между 22 и 24 часами имел место второй минимум ошибки. Таким образом, точки наилучшей и наихудшей работоспособности для двух видов деятельности – умственной и сенсомоторной – неодинаковы.

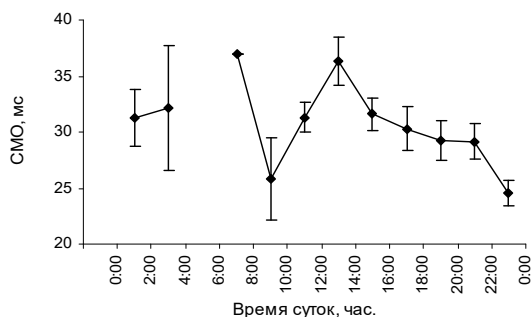


Рисунок 9 Суточная периодичность среднего модуля ошибки.

Суточная динамика самочувствия не имела сколько-нибудь выраженного закономерного характера (рисунок 10). Максимум в интервале 6-8 часов был получен за счет единственного сеанса, пришедшегося на этот интервал времени, и не может считаться закономерным.

Среди показателей самооценки состояния наиболее выраженная циркадианная динамика имела место для показателя активности (рисунок 11). Если исключить из рассмотрения единственное наблюдение в интервале 6-8 часов, то максимум активности приходится на 8-10 часов, т.е. совпадает с максимумами эффективности как умственной, так и сенсомоторной деятельности. Период выраженного спада активности соответствует снижению качества сенсомоторной координации. В то же время максимальные уровни тревожности соответствуют периоду максимальной умственной работоспособности (рисунок 12), что, вероятно, является проявлением напряжения, связанного с этим видом деятельности. Это предположение согласуется с тем фактом, что тестирование выполнялось на фоне работы за компьютером, характер которой в значительно большей степени

связан с интеллектуальной нагрузкой, чем с сенсомоторной. Результаты исследования суточных ритмов позволяют оптимальным образом организовать распределение разнохарактерных видов деятельности в течение суток.

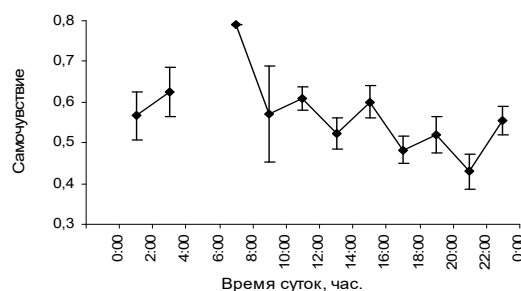


Рисунок 10 Суточная периодичность самочувствия.

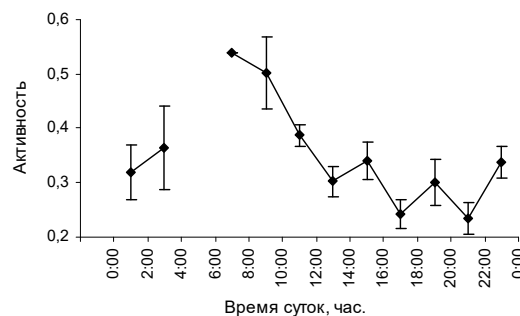


Рисунок 11. Суточная периодичность активности.

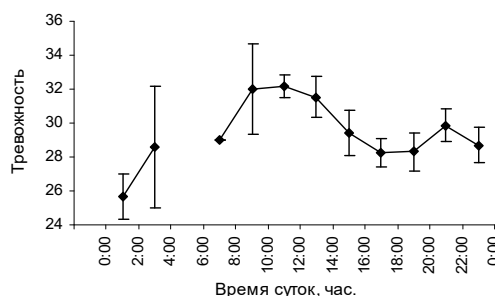


Рисунок 12 Суточная периодичность тревожности.

2.3 Сезонная периодичность

Наличие цирканнулярных (т.е. окологодичных) ритмов в динамике многих физиологических и психологических показателей может сказываться и на показателях работоспособности. В связи с этим была исследована динамика показателей мониторинга по месяцам года. Как видно из таблицы 5, связь с фактором «месяц года» была значимой для всех показателей эффективности деятельности, кроме точности счета, но не значимой – для показателей психологического состояния.

Колебательный характер помесечной динамики умственной работоспособности не позволяет выявить какой-либо явной закономерности (рисунок 13). В динамике СМО и СО выражено резкое повышение в весенние месяцы (рисунок 14). Самый низкий уровень эти показатели имели в период с

сентября по декабрь. Такой результат позволяет предположить, что для данного обследуемого целесообразно было бы по возможности переносить на этот период года работы, требующие высокой точности реакции.

Таблица 5 Уровни значимости связи показателей мониторинга с месяцем наблюдения.

Показатели	p
Число правильных ответов	0,025
Число операций	0,036
Точность	0,400
СМО	5,24E-10
СО	9,05E-10
ММО	2,07E-05
Самочувствие	0,084
Активность	0,644
Настроение	0,137
Тревожность	0,437

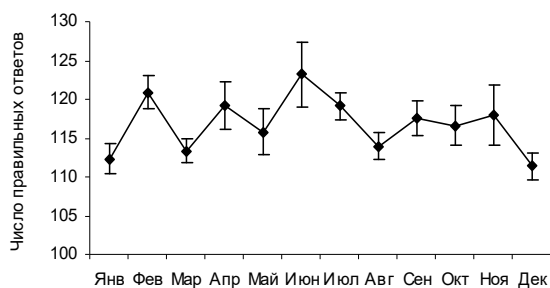


Рисунок 13 Среднемесячные уровни числа правильных ответов.

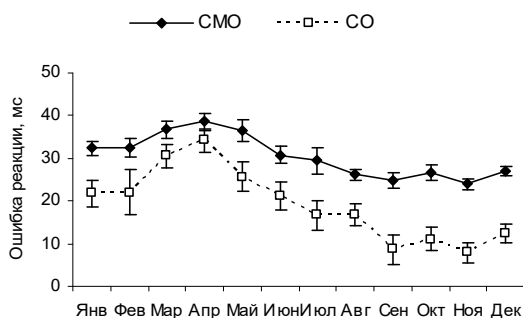


Рисунок 14 Среднемесячные уровни ошибки реакции.

Возможно, что слабо выраженная годичная периодичность умственной работоспособности связана с тем, что для данного испытуемого этот вид деятельности является основным. Многолетняя тренировка, вероятно, подавляет вариабельность показателей привычного вида деятельности.

2.4 Чувствительность к экстремальным погодным условиям

В основном настоящее исследование проходило в комфортных погодных условиях. Однако на четвертый год мониторинга пришелся период экстремальной жары и загрязненности воздуха летом 2010 г. Для оценки чувствительности показателей

мониторинга к этому природному воздействию мы сравнили средние значения показателей за весь четвертый год наблюдения (чтобы исключить влияние сезонной вариабельности) в период жары и вне этого периода. Чувствительными к данному воздействию оказались только два показателя – точность счета и настроение (таблица 6). При этом точность в период жары была ниже, но настроение – выше, чем в обычных погодных условиях. Повышение настроения, не сопровождающееся улучшением самочувствия, отражает, по-видимому, не столько индивидуальную переносимость жары, сколько индивидуальный механизм мобилизации в неблагоприятных условиях, обеспечивающей устойчивый уровень почти всех мониторируемых показателей работоспособности.

Таблица 6 Показатели мониторинга, чувствительные к экстремальной жаре.

Показатели	Период жары	4-й год без периода жары	p
Точность, %	98,8±0,2	99,5±0,2	0,017
Настроение	0,46±0,03	0,34±0,03	0,013

Заключение

Результаты мониторинга с помощью системы «СОПР-мониторинг» позволили выявить ряд индивидуальных особенностей работоспособности и психо-эмоционального состояния, которые имеет смысл учитывать в целях оптимального планирования режима труда и отдыха. Это особенно значимо для работающих в дистанционном режиме.

Система «СОПР-мониторинг» может быть использована в домашних условиях для тренировки умственной работоспособности и сенсомоторной деятельности.

Пользователь, достаточно подготовленный в области планирования эксперимента и анализа данных, может с помощью данного компьютерного инструмента организовать для себя и членов своей семьи исследование показателей психической работоспособности при любых условиях и воздействиях, представляющих интерес, и разрабатывать оптимальные режимы труда и отдыха самостоятельно.

Блок индивидуального мониторинга психической работоспособности и психо-эмоционального состояния может быть включен в интернет-среду, обеспечивающую, с одной стороны, статистический анализ данных, накопленных отдельными пользователями, и передачу результатов анализа пользователям, а с другой – накопление и анализ больших объемов обезличенных данных. Такой вариант организации мониторинга и оптимизации режимов деятельности на основе его результатов может быть реализован в рамках разрабатываемой в ИСА РАН интернет-системы персонализированной

поддержки здоровьесбережения через личный кабинет пользователя. Данный подход позволил бы использовать результаты индивидуального мониторинга как в целях индивидуального и семейного здоровьесбережения, так и в качестве элемента системы социально-гигиенического мониторинга, обеспечивающего оценку работоспособности и психо-эмоционального состояния на популяционном уровне.

Литература

- [1] Т. М. Смирнова, В. Н. Крутько, А. Ф. Быстрицкая, А. Г. Виноходова, И. М. Ларина. Использование компьютерной системы «СОПР-мониторинг» для анализа психической работоспособности в условиях привычной профессиональной деятельности и в сложных условиях. Труды Института системного анализа Российской академии наук, т. 19, 2006, с. 156-170.
- [2] А. Г. Виноходова, Т. М. Смирнова, А. Ф. Быстрицкая, В. Н. Крутько. Использование компьютерных методов оценки «СОПР-мониторинг» для оценки работоспособности при моделировании факторов космического полета. Авиакосмическая и экологическая медицина, 41(6), 2007, с. 48-52.
- [3] В. Н. Крутько, Т. М. Смирнова, М. В. Силютин, О. Н. Таранина. Психологические и клинко-физиологические корреляты старения у женщин. Вестник восстановительной медицины, № 2, 2015, с. 2-6.
- [4] А. Г. Виноходова, А. Ф. Быстрицкая, Т. М. Смирнова. Способность к психической саморегуляции как фактор устойчивости к стрессу в экстремальных условиях космического полета. Авиакосмическая и экологическая медицина, 39(5), 2005, с. 14-18.
- [5] В. И. Гушин, Д. М. Швед, М. А. Левинских, А. Г. Виноходова, О. Б. Сигналова, А. Е. Смолеевский. Экопсихологические

исследования в условиях 520-суточной изоляции. Авиакосмическая и экологическая медицина, 48(3), 2014, с. 25-29.

- [6] V.N.Krutko, T.M.Smironova, I.M.Larina, G.Y.Vasilieva. Mental performance and sensomotoric coordination as markers of bioage: sexual differences, nonlinear effects, psychophysiological correlations. VI European Congress: Healthy and Active Ageing for All Europeans. July 5-8, 2007, Saint Petersburg, Russia. Advances in Gerontology, 2007, volume 20, № 3, p. 49.
- [7] D. M. Shved, V. I. Gushin, A.G. Vinokhodova, I. A. Nichiporuk, G. Y. Vasilieva. Psychophysiological adaptation and communication behavior of a human operator during 105-day isolation. Human Physiology, 40(7), 2014, p. 797-803.

Utilization of computerized evaluation of mental performance in home lab mode

Tatyana M. Smirnova, Vyacheslav N. Krutko

Computer system "SOPR-monitoring" has been developed for the purposes of psycho-physiological monitoring in experimental research in the field of space medicine. This computer-based tool was used in various experiments, including the international project "Mars-500". At home, "SOPR-monitoring" was applied to multi-year individual monitoring of mental performance, sensomotoric coordination and psycho-emotional state. Analysis of the data from this study revealed a number of individual features in dynamics of psycho-emotional state and performance: long-term trends, daily and annual rhythms, sensitivity to extreme weather conditions. The results of individual monitoring can be used in order to optimize the work/rest schedules, especially in the context of remote job. The reported study was funded by Ministry of Education and Science of Russia according to the research project № 14.607.21.0123.