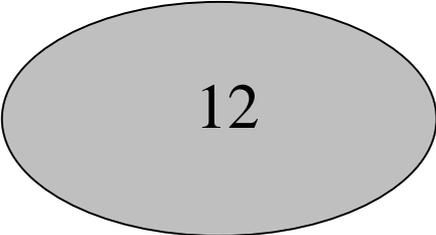


**МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ.  
ЭРГОНОМИКА И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР**

*Руководители: Григорьев А.И., Городецкий И.Г.*



12

**MEDICAL AND BIOLOGICAL PROBLEMS.  
ERGONOMICS AND HUMAN FACTOR**

*Co-Chairmen: A. Grigorjev, I. Gorodetsky*

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
12.1. НЕМЕДИКАМЕНТОЗНАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ МЕТОДОМ БОС В КОМПЛЕКСЕ «РЕАКОР» <i>Адамчук А.В., Захаров С.М., Скоморохов А.А.</i>	540
12.2. АДАПТИВНАЯ МОДЕЛЬ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СОСТАВЕ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА "РЕАКОР" КАК СРЕДСТВО ОЦЕНКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА <i>Городецкий И.Г., Захаров Е.С., Скоморохов А.А.</i>	541
12.3. СУТОЧНОЕ МОНИТОРИРОВАНИЕ ЭЭГ И ДРУГИХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНОГО БЕСПРОВОДНОГО ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФА-РЕГИСТРАТОРА «ЭНЦЕФАЛАН-РМ» <i>Захаров С.М., Скоморохов А.А., Смирнов Б.Е.,</i>	542
12.4. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ: СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ <i>Котолупов В.А., Яковенко Л.В.</i>	543
12.5. ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ РАБОЧИХ МЕСТ ЭКИПАЖЕЙ САМОЛЕТОВ <i>Найченко М.В., Городецкий И.Г.</i>	547
12.6. МАГНИТНАЯ БУРЯ УМЕНЬШАЕТ ФУНКЦИЮ КОГЕРЕНТНОСТИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ КОЛЕБАНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КОРРЕКТУРНОГО ТЕСТА <i>Новик О.Б., Смирнов Ф.А.</i>	550
12.7. СИСТЕМА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПРИБЛИЖЕНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ВЕРТОЛЕТА <i>Новосельцев В.А., Никифоров С.П., Городецкий И.Г.</i>	554
12.8. АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КАК ОСНОВА КОМПОНОВКИ РАБОЧИХ МЕСТ ЭКИПАЖЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ <i>Поляков В.В.</i>	555
12.9. ЭРГОНОМИКА И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР БЕРЕГИТЕ СЕБЯ! <i>Сидихметов Р.</i>	558
12.10. ЭГОСКОПИЯ – НОВЫЙ МЕТОД ПСИХОДИАГНОСТИКИ НА ОСНОВЕ ПИКТОПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ПОДХОДА <i>Юрьев Г.П., Скоморохов А.А., Захаров С.М.</i>	559
12.11. ПРИГОДНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ИМИТАЦИИ КОСМИЧЕСКОЙ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ <i>Филипенков С.Н.</i>	560
12.12. АНАЛИЗ КОНЦЕПЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОГО СКАФАНДРА ДЛЯ ЭКСПЕДИЦИЙ НА ЛУНУ И МАРС <i>Филипенков С.Н., Рыков Г.А.</i>	563

## 12.1. НЕМЕДИКАМЕНТОЗНАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ МЕТОДОМ БОС В КОМПЛЕКСЕ «РЕАКОР»

Адамчук А.В., Захаров С.М., Скоморохов А.А.  
НПКФ «МЕДИКОМ-МТД»,

Таганрог, Россия,  
[www.medicom-mtd.com](http://www.medicom-mtd.com) , [www.reacor.ru](http://www.reacor.ru)

На сегодняшний день актуальной задачей является ранняя диагностика нарушений регуляторного характера, вызванных стрессами, связанными с экстремальными ситуациями, информационными перегрузками, социальными условиями, и коррективка этих нарушений по возможности немедикаментозными методами. Решению этой задачи может способствовать применение реабилитационного комплекса «РЕАКОР», выпускаемого фирмой «МЕДИКОМ-МТД» г.Таганрог и предназначенного для осуществления процедур функционального биоуправления (ФБУ), основанных на принципе биологической обратной связи (БОС). Методы ФБУ эффективны при дисфункциях и дисбалансе управляющих и гомеостатических процессов организма под влиянием перенапряжения, утомления, а также при функциональной и органической патологии различного характера. Поставляемые библиотеки процедур показаны при начальных проявлениях артериальной гипертензии, для повышения стрессоустойчивости, при лечении различных вегетативных дисфункций, при нарушениях опорно-двигательного аппарата, зрения и т.д.. Компьютерные мультимедийные технологии, применяемые для осуществления ФБУ с БОС, дают гибкие возможности по отображению как первичных физиологических сигналов и результатов тренинга, так и сигналов БОС в виде графиков, диаграмм, различных образов, игровых ситуаций, средствами компьютерной графики и синтеза звука, а эффективные средства программного обеспечения позволяют выбирать оптимальный набор физиологических параметров и форм предъявления сигналов для организации контура БОС, формировать для каждого пациента индивидуальную стратегию.

Удобство использования БОС-процедур повышается за счет автоматической адаптации параметров процедуры к конкретному пациенту. Инструктор может оперативно изменить наполнение БОС-образов в зависимости от возраста пациента, его пристрастий и интеллекта. Эти свойства направлены на повышение мотивации пациента к процессу тренинга, достижению максимальных результатов в пределах ограниченного числа проводимых процедур. Для оценки успешности одного сеанса и реабилитационного курса (от сеанса к сеансу) имеются средства визуализации временной динамики изменения выбранных физиологических показателей и различных коэффициентов успешности в виде таблиц и графиков.

Программное обеспечение комплекса РЕАКОР может применяться на аппаратных средствах, входящих в состав широко распространяемых медицинских приборов, выпускаемых НПКФ «Медиком МТД» (блок пациента «Реакор», электронцефалографы, реографы). В связи с этим, в совокупности с перечисленными выше свойствами, комплекс обеспечивает всю технологическую цепочку: «диагностика-лечение-контроль», позволяя расширить и углубить использование в широкой клинической и санаторно-курортной практике современных методов немедикаментозной коррекции и реабилитации различных заболеваний, стрессовых состояний, перегрузок.

## **12.2. АДАПТИВНАЯ МОДЕЛЬ ОПЕРАТОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СОСТАВЕ РЕАБИЛИТАЦИОННОГО ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА "РЕАКОР" КАК СРЕДСТВО ОЦЕНКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРА**

Городецкий И.Г., Захаров Е.С., Скоморохов А.А.

В докладе рассмотрен комплекс, предназначенный для проведения исследований психофизиологического состояния человека-оператора в процессе выполнения им совмещенной операторской деятельности. Комплекс был разработан в сотрудничестве кафедрой эргономики МАТИ и НПКФ «Медиком МТД» г. Таганрог с использованием модели совмещенной операторской деятельности, предложенной проф. Городецким И.Г. для исследования физиологических процессов сопутствующих выполнению деятельности такого рода. Эта модель представляет собой совокупность двух задач: логической задачи, связанной с решением математической задачи в установленных временных рамках, и задачи преследования – удержание визира в заданной области. Адаптивность этих задач заключается в том, что сложность их возрастает при успешном выполнении либо понижается в противном случае, что позволяет обеспечить работу оператора на пределе его функциональных возможностей по каждому информационному каналу. Модель позволяет отслеживать ряд показателей, с помощью которых оценивается успешность выполнения операторской деятельности. Данный инструмент был реализован в дополнение к серийно выпускаемому программно-аппаратному комплексу «РЕАКОР». Этот комплекс предназначен для функционального биоуправления на основе биологической обратной связи и позволяет регистрировать широкий спектр физиологических сигналов. Проведенные исследования продемонстрировали широкие возможности данного комплекса в вопросах исследованию операторской деятельности, процессов адаптации, а так же для тренинга и подготовки персонала.

### **12.3. СУТОЧНОЕ МОНИТОРИРОВАНИЕ ЭЭГ И ДРУГИХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОБИЛЬНОГО БЕСПРОВОДНОГО ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФА-РЕГИСТРАТОРА «ЭНЦЕФАЛАН-РМ»**

Захаров С.М., Скоморохов А.А., Смирнов Б.Е.,  
НПКФ «МЕДИКОМ-МТД»,  
Таганрог, Россия, [www.medicom-mtd.com](http://www.medicom-mtd.com)

Длительная регистрация ЭЭГ, ЭКГ, дыхания и других физиологических сигналов в процессе выполнения операторской деятельности или в условиях авиационных или космических полетов является важной исследовательской задачей, позволяющей изучать адаптационные процессы организма, выявлять специфические закономерности взаимодействия различных систем организма. С этой целью могут применяться носимые регистраторы с возможностью длительного накопления данных по типу холтеровского мониторинга и возможностью работы в радиотелеметрическом режиме. В данном сообщении представлены результаты новой разработки нашей фирмы в этой области.

Мобильный электроэнцефалограф-регистратор «Энцефалан-РМ» (производство НПКФ «Медиком МТД», г. Таганрог) предназначен для накопления данных ЭЭГ-исследования во внутренней памяти блока в течение длительного времени с непосредственной (через радиоканал) или отсроченной (через флэш-карту) передачей накопленной информации в персональный компьютер (ПК).

Прибор не ограничивает свободу перемещения пациента за счет использования батарейного питания, малых габаритов и веса (около 400 г), а также внутреннего накопителя ЭЭГ-данных и цифрового радиотелеметрического канала связи с персональным компьютером (ПК). Обеспечивается регистрация сигналов от 19 стандартных отведений ЭЭГ, разности референтных отведений А1-А2, одного отведения ЭКГ, двух отведений типа ЭМГ или ЭОГ, а также сигналов с датчика рекурсии дыхания и двухкоординатного датчика положения тела. Кроме того, осуществляется непрерывная регистрация значений подэлектродного импеданса по каждому электроду и межэлектродных потенциалов для выявления сверхмедленной активности головного мозга. В комплект блока входят электродные шапочки разных размеров по типу Quik-Cap, обеспечивающие длительный комфортный съем ЭЭГ.

Прибор осуществляет запись полученной информации на съемный твердотельный накопитель (Flash-карта) емкостью до 1 Гб. По окончании исследования накопитель вынимается из автономного блока и подключается к ПК электроэнцефалографа через устройство сопряжения.

Радиотелеметрическая связь между автономными блоками пациента и ПК позволяет задавать начальные установки (выбрать каналы и частоты среза фильтров), контролировать качество наложения электродов и наблюдать регистрируемые сигналы на экране ПК в реальном времени, при этом пациенты с установленными электродами могут находиться на расстоянии до 10 метров от ПК. После завершения процедуры инициализации исследования и контроля качества сигналов осуществляется автономное накопление данных. Сигналы, регистрируемые с электродов и датчиков, подвергаются первичной обработке и записываются на накопитель в течение всего исследования. Сигнальный процессор автоматически отслеживает качество регистрируемых сигналов и при необходимости информирует пациента или обслуживающий персонал о возможных проблемах (разряд батарей, стабильное нарушение качества регистрации и т.д.). По завершении исследования все накопленные данные копируются на жесткий диск для дальнейшей обработки программными средствами электроэнцефалографа «Энцефалан-131-03».

## 12.4. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ: СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

Котолупов В.А., Яковенко Л.В.<sup>1</sup>  
«Котолупов д. о. о. Випава», Словения;

<sup>1</sup>Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,  
119992 Москва, Россия

Как научное направление системный подход сложился после возникновения общей теории систем в середине XX в. Однако, несмотря на значительные достижения в области теории, существенных практических результатов он в то время не дал, поскольку тогда не существовало для этого соответствующей материальной основы. В настоящее время, после расшифровки генома человека и других организмов и появления мощных современных компьютеров, понимание функционирования живых систем на системном уровне впервые представляется реализуемым. После 2000 г. наблюдается быстрый рост количества публикаций, появились новые журналы и организации, непосредственно связанные с работами в области системной биологии.

Общие закономерности функционирования и развития всех сложных систем одни и те же и определяются особенностями решений описывающих их уравнений. Это является методологическим обоснованием использования аналогий между живыми и неживыми сложными системами.

Количество внешних стимулов, действующих на биосистему, значительно превосходит количество возможных адаптивных реакций, поэтому выбор вида реакции определяется одним или небольшим числом управляющих параметров. Точно так же, для описания состояния системы используют не перечень состояний всех ее элементов, а обобщенные интегральные характеристики – параметры состояния. В медицине давно используют такие параметры состояния, как температура тела, кровяное давление, частота пульса. Однако эти параметры состояния не дают полного описания состояния системы. Более информативными являются распределения параметров, хотя для их определения требуется более сложное оборудование.

Возможность достаточно точного описания системы с помощью набора параметров состояния позволяет ввести количественные характеристики различных состояний, поэтому системный подход позволит уточнить и, в принципе, дать количественные характеристики таким понятиям, как «болезнь», «гомеостаз», «адаптация» и т.п.

Параметры состояния организма в большой мере определяются на генетическом уровне. Однако реализация информации, содержащейся в геноме, зависит не только от внутренних, но и от внешних факторов. Поэтому организмы, имеющие одинаковые геномы, могут иметь разные значения параметров состояния, которые зависят от истории жизни организма.

Параметры состояния не являются независимыми переменными, т.е. их нельзя изменять произвольно в допустимых для данного организма пределах: при изменении условий жизни они изменяются в определенной последовательности, согласованно. Динамика изменений параметров состояния зависит от характера компенсаторных процессов и во многих случаях определяется доступностью энергетических ресурсов. Доступность энергетических ресурсов включает в себя не только наличие источников энергии, но и эффективных механизмов ее использования и, в свою очередь, зависит от характера и интенсивности информационных процессов и приоритетных физиологических функций биосистемы в данный момент.

Для полного описания сложной нелинейной открытой системы, какой является организм, требуется система многих нелинейных дифференциальных уравнений. Ее стационарными решениями обычно являются более или менее упорядоченные состояния – диссипативные структуры. Переходы между стационарными состояниями происходят через состояния хаотические. Существуют теоретические методы, позволяющие предсказать смену состояния системы на основе анализа флуктуаций ее параметров состояния.

Взаимодействие организма со средой обусловлено его фенотипом, а не генотипом. Поскольку один и тот же генотип может реализоваться в виде различных фенотипов, анализа генома недостаточно для разработки адекватных корректирующих воздействий на организм. Необходима классификация фенотипов. Для проведения такой классификации нужны особые подходы, основанные на использовании количественных характеристик фенотипов, т.е. общих параметров состояния системы. Классификация систем – выделение групп, сходных по поведению и реакциям на внешние воздействия. Классификация предполагает введение количественных характеристик свойств биосистемы. Выделение определенных классов и групп среди изучаемых систем позволит разработать специфические для каждой группы методы диагностики и управления изменениями состояний.

Основу системного подхода составляют такие представления, как система, структура, состояние, функция, иерархия, информация, адаптация, гомеостаз, каждое из которых включает в себя другие понятия общей теории систем. Системная биология изучает организм как единую систему таких элементов, как гены, белки, биохимические реакции, взаимодействие между которыми делает систему живой. Именно эти взаимодействия определяют морфологию и физиологию организма.

Использование системного подхода может способствовать оптимизации исследований в различных областях биологии и медицины: в геномике, биоинформатике, развитии новых методов диагностики, рациональной разработке новых безопасных и более эффективных лекарств и выяснении механизмов их действия, изучении мозга и заболеваний нервной системы. Исследования должны проводиться с учетом закономерностей возникновения, развития и адаптации функций в эволюции живых систем, включая человека. К этим закономерностям относятся: энергетическая ограниченность, функциональная ограниченность, функциональная взаимозависимость, память (способность сохранять информацию), способность изменять структуру, выбор приоритетных форм активности, целесообразность активности, компенсаторно-приспособительные реакции, приятные и неприятные ощущения, стремление к увеличению приятных ощущений и уменьшению неприятных, стремление к повышению коэффициента выживания, поддержание гомеостаза, изменение определенных форм активности в изменяющихся конкретных условиях для увеличения продолжительности жизни, стремление к уменьшению потерь и увеличению потоков информации, как генерируемой внутри биосистем и поступающей извне, так и при ее обработке (улучшение качества регуляции процессов жизнедеятельности).

Системный подход позволит ускорить и значительно удешевить доклинические и клинические испытания фармацевтических препаратов. На доклинической стадии – при испытаниях на подопытных животных за счет использования общих закономерностей функционирования биосистем, их классификации и количественных характеристик состояния. На стадии клинических испытаний за счет отбора испытуемых из разных фенотипических и генотипических групп, характеризующихся различной чувствительностью к испытываемой группе препаратов, можно сократить численность участников и сроки испытаний.

Системный подход открывает новые возможности для диагностики и лечения многих заболеваний. Известно, что в сложных системах незначительные воздействия могут приводить к существенным последствиям. Выявление критических параметров систем в различных режимах функционирования позволит разработать быстрые методы диагностики состояния организма и немедикаментозные методы лечения.

В условиях космического полета неблагоприятные изменения психо-физиологического состояния космонавтов, включая заболевания, корректировать фармацевтическими препаратами не всегда возможно. Именно в таких условиях нелекарственные методы коррекции состояния организма могут быть полезными и даже единственно применимыми. Использование предлагаемых подходов позволит увеличить безопасность пребывания людей в экстремальных условиях, в том числе в космосе, и увеличить продолжительность такого пребывания.

В целом, применение системного подхода в медицине и биологии обещает привести к созданию превентивной, прогностической и индивидуализированной медицины.

Системный подход позволяет уточнить существующие представления о патологических состояниях организма на основе более точных, допускающих, в принципе, количественную характеристику, определений состояния организма, заболевания, психической деятельности и т.д. Существенно, что практически у любой достаточно сложной нелинейной открытой системы имеются дискретные состояния или множества состояний, переходы между которыми имеют характер бифуркаций. При потере устойчивости состояния достаточно небольшого воздействия, чтобы система перешла в одно из новых устойчивых состояний. Это – методологическая основа использования слабых воздействий для коррекции состояния организма.

В биосистеме на каждом иерархическом уровне протекают процессы преобразования энергии и информации со своими характерными временами, координация и регуляция которых осуществляется с помощью информационных потоков. Для передачи информации используются различные типы сигналов и их носителей. В организме человека для этого используются, в основном, нервная и гуморальная системы.

Процессы передачи информации и преобразования энергии в организме взаимосвязаны. Организм устроен так, что в норме поддерживает оптимальные параметры этих процессов с помощью компенсаторных реакций. При отклонениях от нормы в организме возникают компенсаторные процессы, обеспечивающие адаптацию организма к новым условиям – адаптационную реакцию организма. При значительных и длительных отклонениях от нормы адаптация с сохранением основных характеристик процессов преобразования энергии может оказаться невозможной. Реакция системы на изменения нескольких параметров состояния может и не быть простой суммой реакций на изменение каждого из них в отдельности: возможно как взаимное усиление, так и ослабление влияния действующих факторов.

Изменение параметров состояния системы в определенных пределах не влияет существенно на ее функционирование и при этом не возникает дефицита ресурсов. Существуют периодические изменения гомеостаза, связанные с особенностями развития организма, его биологическими ритмами, образом жизни, с природными явлениями и т.п., которые не являются аномальными. Адаптационные возможности организма также подвержены естественным колебаниям и в некоторых случаях могут снижаться до уровня, характерного уже для болезни. Один из примеров – чрезмерная усталость.

Дефицит энергии, вещества, информации или дефект структуры приводит к ограничению возможных видов активности организма. При этом развиваются адаптационные процессы, а в случае невозможности компенсации возникших в организме изменений, возникает состояние заболевания, сопровождающееся перераспределением уровней иерархии и доступности ресурсов на каждом уровне.

Реакция организма на внешние воздействия имеет дискретный характер. Адаптационные уровни косвенно характеризуют энергетический потенциал, имеющийся у организма для реализации ответа на воздействия внешней и внутренней среды. В норме организм самостоятельно переходит из одного адаптационного состояния в другое в соответствии с ситуацией и доступностью ресурсов. При болезни организм переходит на адаптационный уровень с энергетическими затратами, превышающими его возможности, поэтому через некоторое время организм «сползает» на более низкий, декомпенсированный уровень и может оказаться в состоянии стресса. В этом случае течение болезни осложняется.

Во всех случаях выбор приоритетных видов активности организма определяется условиями окружающей среды, состоянием организма и процессами, в нем происходящими. Симптомы болезни позволяют определить, какие функции в настоящий момент являются для организма приоритетными, и наоборот, установление приоритетных в данной ситуации функций может помочь в выявлении сути заболевания. Становление системы приоритетов функций, развитие соответствующих компенсаторных механизмов и реакций произошло в ходе естественной эволюции вида и определяется их целесообразностью. Нарушение информационных потоков, в частности под действием лекарственных препаратов, может приводить к изменению шкалы приоритетов активностей организма. При этом ресурсы организма будут затрачиваться впустую, на не особенно важные в данный момент виды активности. Субъективно это проявляется как

улучшение состояния организма при болезни, однако необеспеченность ресурсами приоритетных функций организма приводит к тому, что через некоторое время наступает резкое ухудшение состояния больного, осложнение течения болезни.

Выбор приоритетной формы активности в данный момент, обусловленный как генетической информацией, так и информацией, полученной организмом в течение жизни, поступающей извне и генерируемой внутри системы в данный момент представляет собой психическую деятельность. Иначе говоря, психика – это совокупность адаптивных реакций живой системы, определяемая как генетической информацией, так и информацией (на сознательном и бессознательном уровнях): содержащейся во всех имеющихся в системе видах памяти, описывающей текущее физиологическое состояние системы, поступающей в систему извне, генерируемой внутри системы (результаты расчетов, воображение, интуиция и т.п.). На самом деле имеет место интерференция потоков информации из разных источников, которая определяет выбор формы активности. Психическая деятельность обеспечивает не только лучшую адаптацию к текущим условиям среды, но и опережающую адаптацию, т.е. адаптацию к виртуальной реальности, соответствующей прогнозу состояния среды.

Эволюционно возникшие системы энергообеспечения и управления функциями живой системы оказались сопряженными благодаря тому, что и запас свободной энергии первичных клеток, и система обратных связей, обусловившая управление внутриклеточными процессами, были основаны на неравновесном распределении ионов между клеткой и внеклеточной средой, приводящем к возникновению мембранного потенциала. Мембранный потенциал зависит от метаболизма клетки, но и сам влияет на метаболизм и другие внутриклеточные процессы. У многоклеточных организмов сходную роль играет распределение разности потенциалов на тонопласте или базальной мембране.

Электрическая система сигнализации и управления состоянием организма универсальна, но не единственна: распределение температуры по поверхности тела, например, или механические воздействия могут играть сходную роль.

На кафедре биофизики физического факультета МГУ в течение нескольких десятилетий проводились исследования возможности управления процессами регенерации тканей, в частности, костной, с помощью электрического поля. Была разработана методика, позволившая не только существенно ускорять регенерацию костной ткани при переломах, но и предотвращать ее деструкцию при таких заболеваниях, как спонтанное рассасывание костей. Существенно, что при изменении направления тока происходило деструктивное изменение костной ткани.

Наиболее очевидны следующие направления экспериментальных исследований в этой области. Во-первых, определение распределений электрического потенциала и температуры и их флуктуаций по поверхности тела организмов с разными фенотипами. Во-вторых, установление корреляций между параметрами распределений и состояниями организма. В-третьих, использование полученных данных для определения эффективности лекарств и других воздействий на организм для целенаправленного изменения его состояния.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ №05-05-65165а.

## 12.5. ЭРГОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ РАБОЧИХ МЕСТ ЭКИПАЖЕЙ САМОЛЕТОВ

Найченко М.В., Городецкий И.Г.  
г. Москва, Петровско-Разумовская аллея, 12а,  
тел.: 155-14-83, e-mail: [mikle61@mail.ru](mailto:mikle61@mail.ru)

Эргономическая оценка геометрических размеров рабочих мест экипажей самолетов проводится на различных этапах разработки путем сравнения нормируемых и реальных значений параметров с антропометрическими показателями летного состава.

Рабочее место летчика представляет собой часть пространства кабины летательного аппарата оснащенного креслом, органами управления, системой отображения информации, параметрами среды обитания и другими средствами.

Геометрические размеры рабочего места летчика в кабине самолета определяют пространственные параметры свободного рабочего объема, линейные и угловые характеристики опорных поверхностей кресла и координаты размещения основных органов управления относительно точки «S» кресла<sup>1</sup>.

Важным фактором при проектировании рабочего места летчика является учет антропометрических показателей, позволяющих:

- создать комфортное размещение летчика в кресле при выполнении полетов, возможность изменения рабочей позы с целью снижения мышечного напряжения и ощущения усталости;
- свободно размещать органы управления и выполнять рабочие операции с ними;
- компоновать приборную доску, индикаторы и пульта с обеспечением хороших условий их обзора и досягаемости на всех режимах полета и пилотирования [1].

Однако при проектировании рабочих мест экипажей не всегда учитываются в должной мере антропометрические и биомеханические возможности летчика, требующие определенного запаса свободного пространства на его рабочем месте. Иногда берет верх стремление к улучшению летно-тактических характеристик летательных аппаратов, что приводит к необходимости уменьшения габаритов кабины. Поэтому принятие компромиссного решения возможно только на базе строгого учета антропометрических и биомеханических данных летного состава, установленных в национальных и отраслевых стандартах.

Экспертиза конкретного летательного аппарата может проводиться расчетным, экспертным или инструментальным методом в зависимости от этапа проведения работ. Инструментальный метод дает наиболее объективные результаты, поскольку он предусматривает применение различных измерительных приборов и устройств. Так, измерение размеров кабин и координат размещения органов управления производится приборами «Геометр», «Геометр-2», измерителем параметров кабин (ИПК-2) и др. Наиболее совершенным в приведенном ряде приборов является ИПК-2.

ИПК-2 обеспечивает определение координат размещения органов управления в кабине летательного аппарата относительно точки «S» кресла, а также величин углов обзора внекабинного и внутрикабинного пространства. Применение лазерного луча, совмещенного с линией визирования угломеров прибора ИПК-2, существенно облегчает измерение горизонтальных и вертикальных углов обзора в труднодоступных зонах кабины [2].

Для сокращения сроков проведения эргономической оценки кабин летательных аппаратов могут применяться специальные компьютерные программы обработки исходных данных и представления полученных результатов в интегральной форме в виде диаграмм условий досягаемости и внутрикабинного обзора. Такие диаграммы дают количественное описание рельефа внутрикабинной поверхности и позволяют ускорить процесс выявления участков поверхности, находящихся вне пределов досягаемости. Кроме того, повышаются наглядность представления полученных результатов и в целом качество эргономической оценки.

<sup>1</sup> Точка «S» кресла – точка пересечения плоскости симметрии кресла с линией пересечения спинки и сиденья в средней регулировке.

Эргономическая оценка геометрических размеров кабин и рабочих мест экипажей летательных аппаратов, проведенная инструментальным методом, выявила ряд несоответствий требованиям нормативно-технических документов следующих конструктивно-компоновочных параметров рабочего места летчика:

- расстояния от точки «S» кресла до линии визирования;
- диапазона регулировки кресла (сиденья кресла) по вертикали от нейтрального положения;
- расстояния от линии визирования до внутренней поверхности фонаря;
- диапазона регулировки педалей;
- расстояния между крайними точками органов управления, расположенных на боковых стенках, и плоскостью симметрии кресла в области размещения локтей летчика при его основной рабочей позе;
- расстояния между боковыми пультами в области верхней трети голени летчика;
- высоты пространства для ног над уровнем подпедальных площадок за приборной доской;
- проекционного расстояния по горизонтали между крайними точками рукоятки РУС в положении «на себя» и точкой «S» кресла;
- проекционной высоты центра рукоятки РУД в положении «на себя» над точкой «S» кресла;
- проекционного расстояния по горизонтали между точкой «S» кресла и центром рукоятки РУД в положении МАЛЫЙ ГАЗ.

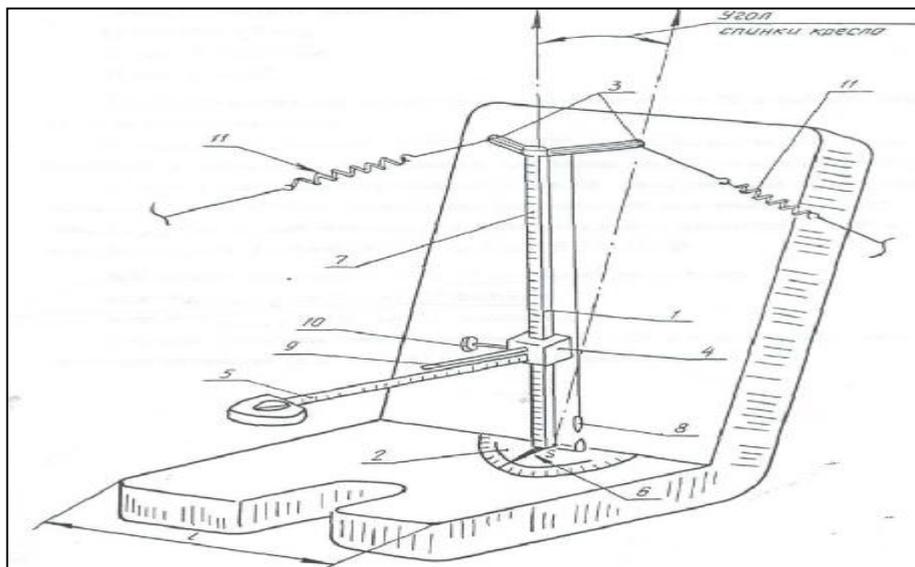
Выявленные недостатки позволят конструкторам при проектировании кабин учитывать оптимальные зоны информационно-управляющего поля для размещения наиболее важных и часто используемых средств индикации и управления. Эти недостатки являются типовыми и во всех случаях требуют устранения, так как они приводят к значительному снижению эффективности применения летательных аппаратов.

Литература:

1. Найченко М.В., Лемещенко Н.А., Айвазян С.А., Бакулов А.Ю. Учет антропометрических показателей при проектировании рабочего места летчика / Космическая биология и авиакосмическая медицина. Сборник материалов XIII конференции (13-16 июня, Москва). – М.: Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук. – 2006. – 396 с.

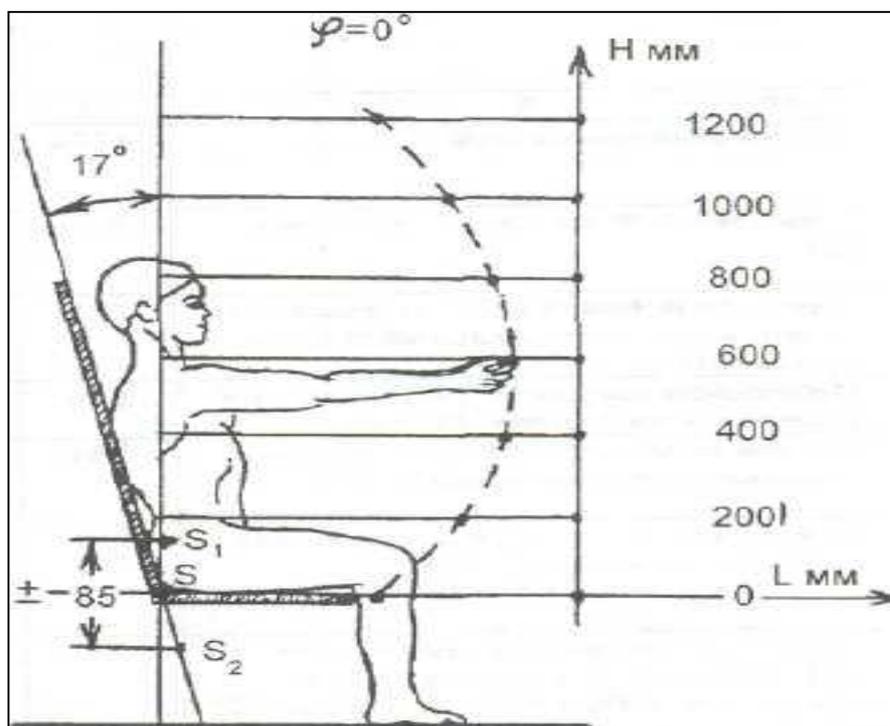
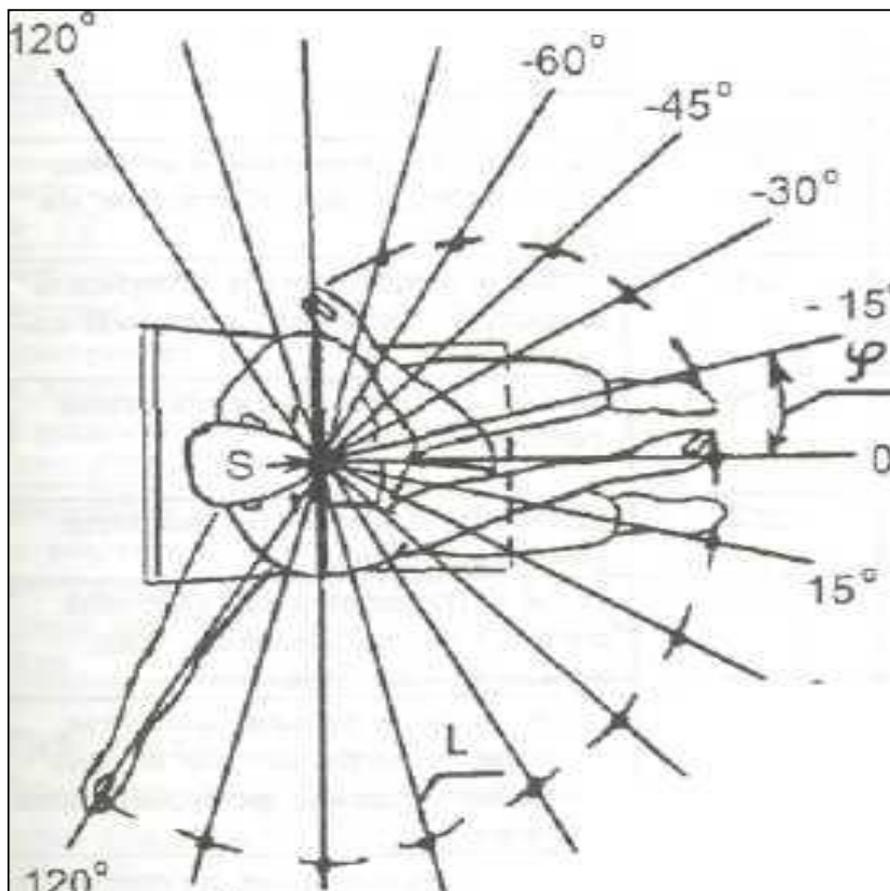
2. Поляков В.В., Чунтул А.В. Совершенствование методов эргономической оценки рабочих мест экипажа вертолетов / Психофизиологические исследования: теория и практика / Под ред. А.А. Меденкова. – М.: Полет, 2005. – 304 с.

Устройство «Геометр»



1 - разборный штатив; 2 - транспорир; 3 - регулируемые упоры; 4 - ползун; 5 - рулетка с ценой деления 1 мм (измерительная лента на жесткой основе); 6 - указательная стрелка; 7 - измерительная линейка с ценой деления 1 мм; 8 - отвес; 9 - горизонтальная планка; 10 - стопорный винт; 11 - пружинные растяжки.

Границы досягаемости правой руки.



## **12.6. МАГНИТНАЯ БУРЯ УМЕНЬШАЕТ ФУНКЦИЮ КОГЕРЕНТНОСТИ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ КОЛЕБАНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КОРРЕКТУРНОГО ТЕСТА**

*Новик О.Б., Смирнов Ф.А.*

*ИЗМИРАН,*

*142190, Московская обл., Троицк,*

*Тел.: 7-495-3322808, факс: 7-495-3340124, [onovik@online.ru](mailto:onovik@online.ru)*

В последние десятилетия постоянно усиливается научный интерес к влиянию солнечно-земных физических событий на биосферу земли, включая человека с его функциональными системами. С другой стороны, интенсивно развиваются нейрофизиологические исследования с использованием физических экспериментальных и математических методов. Статья принадлежит к этим направлениям исследований (Бреус и Раппопорт, 2003; Korol, 2000; Красногоская (Ред.), 1992; Кузнецов, 1994; Нейрофинформатика-2006; Тамбиев и др., 1995; Темурьянц и др., 1992; Черноух и др., 1981).

Характеристика группы испытуемых, экспериментальной установки и корректурного теста.

Эффект, сформулированный в названии, описан для группы испытуемых из 10 студентов (практически здоровых девушек и юношей в возрасте от 18 до 23 лет). Их электроэнцефалограмма (ЭЭГ) регистрировалась в течении года с мая 2004, как правило, 2 раза в неделю. В течение каждого ЭЭГ исследования при открытых глазах и при закрытых глазах регистрация продолжалась 2 минуты. Также в течении каждого исследования испытуемым выполнялся корректурный тест при отсутствии и при действии магнитной бури в течение 15 – 30 минут.

Использовался электроэнцефалограф «Нейрон-Спектр» с 8 каналами. Левая часть с четырьмя активными электродами регистрировала электрические потенциалы (относительно пассивного электрода накладываемого на левое ухо) с четырёх точек левой части головы: первая точка была на лбу, вторая на темени, третья на виске, четвёртая на затылке). Правая группа из четырёх электродов регистрировала электрические потенциалы (относительно мочки правого уха) на симметричных точках тех же частей головы, соответствующих правому полушарию мозга. Заземляющий электрод находился на темени, в месте пересечения двух воображаемых линий – линии, проходящей от основания носа до гребня затылочной кости, и линии, проходящей от левого до правого уха. Датчики с чувствительностью 0.01 мкВ снимали 600 значений электрического потенциала с каждой точки в течение секунды. Производилась запись этих значений на жёсткий диск компьютера. Были использованы данные ИЗМИРАН о динамике геомагнитного поля. Отслеживались параметры функционального состояния человека при исследовании, такие как дыхание и артериальное давление, регистрировалась ЭКГ.

Во время выполнения корректурного теста, каждому из испытуемых предъявлялась строка из случайных символов на мониторе компьютера и предоставлялся неограниченный интервал времени для нахождения двух заранее определённых символов. Испытуемые знали, что время для поиска неограниченно. Компьютер регистрировал количество правильно и неправильно определённых совпадений. В течение теста (15-30 минут) предъявлялось 40 строк случайных символов с 1024 совпадениями.

Функция когерентности.

Колебания электрических потенциалов мозга мы рассматривали для пар точек, первая точка пары выбиралась на одной из частей головы (см. предыдущий раздел), вторая точка пары выбиралась на одной из других частей головы. Т.о., мы выбирали два временных ряда колебаний электрических потенциалов, например: а) для точки на лбу; б) для точки на затылке (см. выше), при этом обе точки находились над левым полушарием коры головного мозга. Другая пара точек для этого полушария выбиралась из другой пары упомянутых частей головы. Выбор пары точек

для исследования колебаний электрических потенциалов в случае правого полушария такой же, как для левого (напомним, в нашем распоряжении было только 8 каналов – отведений). На этой предварительной стадии, мы пытались выявить характеристики биоэлектрической активности мозга, которые обладают наиболее отчетливой реакцией на магнитные бури и могут быть, в частности, обнаружены сравнительно простыми математическими методами. Конечно, мы осознавали, что эта проблема может оказаться неразрешимой при экспериментальных методах, которые мы имели в распоряжении. Действительно, нам не удалась попытка обнаружить наиболее отчетливые изменения биоэлектрической активности мозга в терминах индекса биоэлектрической активности, оценивающего время присутствия различных известных ритмов (см. ниже) в результирующих колебаниях электрических потенциалов. Теперь мы собираемся показать, что отчетливая реакция может быть получена в терминах функции когерентности, хорошо известной в математической статистике временных рядов и в практическом анализе ЭЭГ. Вообще говоря, функция когерентности определяет согласованность двух случайных процессов, например, согласованность колебаний электрических потенциалов лобной и затылочной точек одного из полушарий в нашем случае. Итак, мы пытаемся проследить влияние магнитной бури на изменение согласованности случайных колебательных процессов в нескольких выбранных парах точек головы над левым и правым полушариями. Но чтобы напомнить определения для соответствующего численного анализа, нужны некоторые обозначения. Обозначим случайный процесс колебаний электрического потенциала лобной точки через  $X_t$  и аналогичный процесс для затылочной точки – через  $Y_t$ ,  $t$  – время. Функция когерентности случайных процессов (временных рядов)  $X_t$  и  $Y_t$  определяется как дробь, в числителе которой стоит модуль кросс-спектральной плотности этих процессов, а в знаменателе – корень квадратный из произведения их спектральных плотностей. Спектральная плотность процесса  $X_t$  определяется как преобразование Фурье его авто-ковариационной функции  $E[(X_{t+m} - EX_{t+m})(X_t - EX_t)]$ , где  $E$  обозначает математическое ожидание, а  $m$  произвольный сдвиг по времени. То же самое определение с заменой  $X$  на  $Y$  верно для процесса  $Y_t$ . Наконец, кросс-спектральная плотность процессов  $X_t$  и  $Y_t$  определяется как преобразование Фурье их кросс-ковариационной функции  $E[(X_{t+m} - EX_{t+m})(Y_t - EY_t)]$ . Значения функции когерентности принадлежат интервалу  $[0,1]$ . Если один из процессов является преобразованием другого, то функция когерентности равна 1 тождественно. Разумеется, лобная и затылочная точки и соответствующие электрические колебательные процессы были рассмотрены как пример, те же определения верны для пар точек из других частей головы.

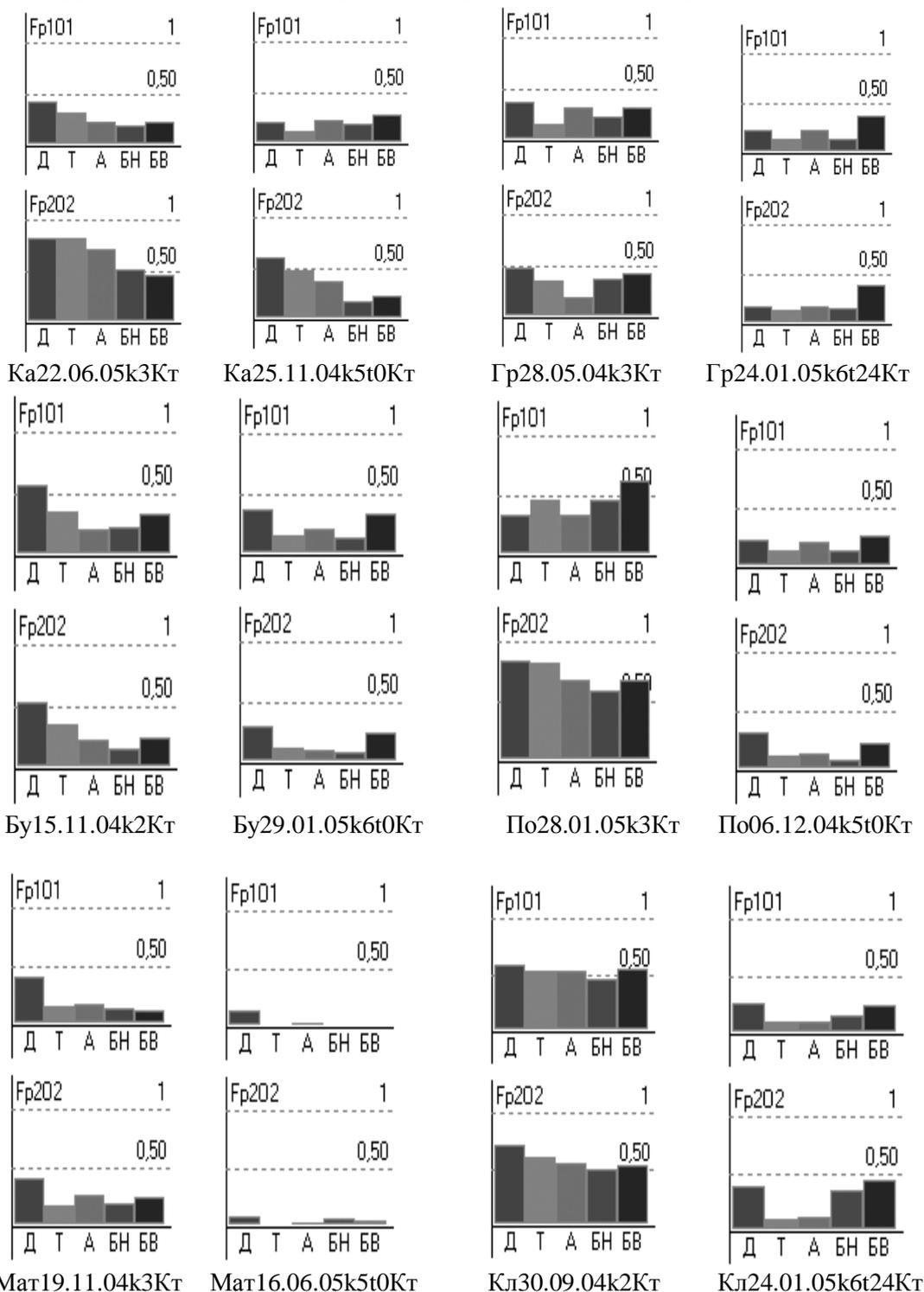
Функция когерентности измеренных временных рядов колебаний электрических потенциалов

коры головного мозга.

Анализ ЭЭГ записей электрических потенциалов обычно включает выделение следующих пяти мод электрических колебаний типичных для биоэлектрической активности мозга и известных в нейро-физиологии как ритмы:  $\delta$ -ритм ( $f = 0.5 - 3.9$  Hz,  $A = 20$   $\mu$ V), обозначаемый Д на диаграммах ниже;  $\theta$ -ритм ( $f = 4 - 7.9$  Hz,  $A = 20$   $\mu$ V), обозначаемый через Т;  $\alpha$ -ритм ( $f = 8 - 13$  Hz,  $A = 15$   $\mu$ V), обозначаемый А;  $\beta$ -низкое-ритм ( $f = 14 - 19.9$  Hz,  $A = 5$   $\mu$ V), обозначаемый БН;  $\beta$ -высокое-ритм ( $f = 20 - 35$  Hz,  $A = 5$   $\mu$ V), обозначаемый БВ; здесь  $f$  частота,  $A$  - амплитуда.

Как обычно, чтобы охарактеризовать согласованность колебаний электрических потенциалов лобной (Fp) и затылочной (O) точек левого (1) полушария (результатирующее обозначение Fp1O1 на диаграммах ниже), мы вычисляем функцию когерентности для колебаний в каждом частотном диапазоне, т.е. для каждого упомянутого ритма. Высота прямоугольника на диаграмме равна значению функции когерентности временного ряда колебаний в ритме, указанном у основания прямоугольника. Другим словами, мы характеризуем согласованность колебаний электрических потенциалов пар точек пятью функциями когерентности, соответственно пяти основным ритмам, и визуализируем численные результаты, используя пять прямоугольников для рассматриваемой пары точек. На диаграммах аббревиатура Fp2O2 обозначает то же самое, что Fp1O1, но для правого полушария. В случае отсутствия магнитной бури, диаграммы (и ЭЭГ исследование в целом) нумеруются следующим образом: первые буквы

обозначают сокращение фамилии испытуемого, затем мы указываем дату ЭЭГ измерений и значение индекса ионосферной активности к ( $k_2$ ,  $k_3$  соответствует спокойному состоянию ионосферы,  $k_5$  и больше – магнитной буре) во время рассматриваемых ЭЭГ измерений; сокращение Кт обозначает измерение во время проведения корректурного теста. В случае магнитной бури, обозначения те же, кроме времени запаздывания начала ЭЭГ измерений относительно ближайшей предшествующей магнитной бури, скажем,  $t_{24}$  означает измерения через 24 после бури,  $t_0$  обозначает измерения во время магнитной бури.



Таким образом, функция когерентности, для значений каждого ритма без бури показаны на левом столбце для левого полушария (верхняя диаграмма Fp101) и для правого полушария (нижняя диаграмма Fp202). Те же результаты, но при действии магнитной бури, показаны на

правом столбце. Другими словами, для каждого испытуемого (Ка, Гр, ..., Кл) мы показали четыре диаграммы: две диаграммы (левая без бури, правая с бурей) для левого полушария, показаны в верхней строке над номером исследования, и две диаграммы (левая – без бури, правая – с бурей) для правого полушария показаны на нижней строке.

#### Заключение.

На диаграммах, в соответствии с введенными обозначениями, значение функции когерентности для низкочастотных ритмов Д и Т резко снижается после магнитных бурь, или в момент их действия для левых и правых лобных-затылочных отведений (приблизительно на половину в большинстве рассчитанных случаев, как показанных, так и не показанных здесь). Так же мы видим, как результат сравнения левой и правой (буря) частей диаграмм для левого и правого полушария, отсутствие четкого снижения или увеличения лобно-затылочной функции когерентности для всех высокочастотных ритмов (А, БН, БВ).

В связи с ограниченным объемом статьи, мы продемонстрировали только 6 (из 10 обработанных - с тем же результатом - ЭЭГ исследований) примеров ослабления согласованности биоэлектрической активности мозга после или во время магнитной бури. Рассчитанные диаграммы для проб с открытыми и закрытыми глазами без корректурного теста для рассмотренных пар отведений Fp1O1 и Fp2O2 опущены здесь, так же как и рассчитанные диаграммы для пар отведений всех других частей головы, включённых в ЭЭГ измерения (смотри выше), потому что мы не наблюдали отчётливого повышения или понижения функции когерентности для любого ритма в этих случаях. Более того, анализ большего числа ЭЭГ, чем мы смогли продемонстрировать здесь, показывает, что понижение функции когерентности на  $\delta$ -ритме (Д) не так типично как на  $\theta$ -ритме (Т). Кроме того, мы опускаем диаграммы, показывающие, что изменения функции когерентности исчезают через 48 часов после магнитной бури.

Мы показали уменьшений значений лобно-затылочной  $\theta$ -ритмовой функции когерентности как общую реакцию на магнитную бурю, но, конечно, есть и индивидуальные особенности, например: в случае Гр это уменьшение наблюдается только для правого полушария (может быть потому, что прошло 24 часа после бури); в случае Мат уменьшение происходит до нуля. Кроме того, особенности отдельных (персональных) реакций могут быть вызваны особенностями магнитной бури (бурь), развивавшимися во время или перед ЭЭГ измерением данного испытуемого. Возможно, что некоторые особенности магнитных бурь, важные для биоэлектрических процессов мозга, не отображаются ионосферным индексом к. Мы рассмотрели здесь простейший подход с геофизической, нейро-физиологической и математической точек зрения.

#### Литература:

1. Бреус Т. К., Рапопорт С. И., 2003. Магнитные бури, медико-биологические и геофизические аспекты М. Советский спорт.
2. Kopel, N., 2000. We got rhythm: Dynamical Systems of the Nervous System (Наш ритм: Динамические системы нервной системы) Notices of the American Mathematical Society, 47, No 1, 6-16.
3. Красногорская Н.В. (Ред.), 1992. Современные проблемы изучения и сохранения биосферы. Т. II. Живые системы под внешним воздействием (М СПб. Гидрометеоздат.
4. Кузнецов А.Н., 1994. Биофизика электромагнитных воздействий. М. Энергоатомиздат.
5. Нейроинформатика-2006. Сб. трудов VIII Всероссийской научно-технической конференции. М. МИФИ.
6. Темуриянц Н. А., Владимирский Б.М., Тишкин О.Г., 1992. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы в биологическом мире. Киев. Наукова думка.
7. Тамбиев А. Э., Медведев С. Д., Егорова Е. В., 1995. Влияние геомагнитных возмущений на функцию внимания и памяти. Авиакосмическая и экологическая медицина, 29, №3, 43-45.
8. Черноух А. М., Виноградова Л. И., Гехт Б. М., Новикова Н. Ф., 1981. Влияние геомагнитной возмущённости на биоритмы человека. Проблемы космической биологии, 48, 47-58.

## 12.7. СИСТЕМА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПРИБЛИЖЕНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ ВЕРТОЛЕТА

*Новосельцев В.А., Никифоров С.П., Городецкий И.Г.  
129272, Москва, Трифоновский тупик, 3  
тел.:(495) 787-7040, доб. 2491 e-mail: [vnovoseltsev@fors.ru](mailto:vnovoseltsev@fors.ru)*

Безопасность полетов на вертолете складывается из качественной работы измерительной датчиковой аппаратуры, технических систем обрабатывающих поступающую информацию, систем отображения и представления полученной информации пилоту и самого пилота, выполняющего управляющие действия. При определенных условиях резко увеличивается вероятность человеческой ошибки, приводящей к авариям и катастрофам. При этом никаких претензий к датчиковой и измерительной аппаратуре не существует, проблема оказывается связанной с интерфейсом «летчик – измерительная аппаратура». Такими условиями являются малая высота полета, плохая видимость и т.д. Особенно ярко это проявляется при полетах вертолета на морские буровые установки, находящиеся в северных широтах. Сказывается влияние полярной ночи, сложных погодных условий, отсутствие ориентиров на местности и сложность выполнения точной посадки. Качество работы пилота в трудных условиях при времени на принятие решения, прежде всего, зависит от правильного эргономического проектирования системы «пилот – измерительная система вертолета». В НИИ Авиационного Оборудования разработана система предупреждения приближения земли, которая состоит из программного обеспечения обрабатывающего получаемую информацию и предоставляющую ее в более удобной для восприятия форме. Штатная измерительная и отображающая аппаратура не меняются, меняется отображение информации. Основными измеряемыми параметрами являются:

- текущие значения высоты по данным радиовысотомера и баровысотомера,
- вертикальная и путевая скорости,
- навигационные данные,
- параметры захода на посадочную площадку на морской буровой.

На экран пилотажно-навигационного индикатора выводятся текстовые сообщения, имеющие разную окраску, сопровождающиеся звуковой сигнализацией. Сообщения изменяют содержание и звуковое сопровождение в зависимости от развития ситуации. Пилоту сначала выдается информирующее сообщение о недопустимых параметрах полета, а при приближении к критической точке принятия решения – требование изменить условия полета для избежания прогнозируемой катастрофы.

При разработке алгоритма системы были изучены результаты интервьюирования 35 пилотов вертолетов, а также проанализированы данные за последние годы по авариям вертолетов, причиной которых оказался человеческий фактор. Это позволило определить параметры полета, анализ которых, как самих по себе, так и в комплексе других данных, является затруднительным. Алгоритм обеспечивает поддержку пилота по контролю таких параметров и позволяет сосредоточить больше внимания на выполнении полетных задач. При этом опасное сближение с землей определяется с запасом времени, необходимым для принятия решения заблаговременно, без необходимости экстренного маневрирования. В то же время обеспечивается защищенность от ложных срабатываний сигнализации, за счет логического контроля и фильтрации входных данных.

Разработанное программное обеспечение отрабатывалось на испытательном стенде, для чего была написана программа, моделирующая различные условия полета и методика испытаний. Характеристики алгоритма и представления сигнализации в кабине вертолета отвечают требованиями эргономики, Авиационных правил и Нормам летной годности вертолета Ка-226АГ. Система была рекомендована НИИАО для постановки на борт в качестве штатной.

## 12.8. АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КАК ОСНОВА КОМПОНОВКИ РАБОЧИХ МЕСТ ЭКИПАЖЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*Поляков В.В.*

*ОАО «МВЗ им.М.Л.Миля», г. Москва*

Концепция построения кабин летательных аппаратов предусматривает применение кресел с увеличенными углами наклона опорных поверхностей. Использование кресел с увеличенными углами наклона опорных поверхностей является одним из эффективных способов поддержания работоспособности в длительных полетах и повышения устойчивости к воздействию пилотажных перегрузок. Однако в нормативно-технических документах (НТД) антропометрические характеристики отработаны для рабочей позы летчика при стандартных углах установки кресла в кабине (угол наклона спинки  $16^\circ - 18^\circ$ , сиденья  $5^\circ - 8^\circ$ ). Отсутствие в НТД необходимых антропометрических данных при установке кресел с увеличенными углами наклона опорных поверхностей ставит ряд проблем при разработке компоновочных схем кабин проектируемых летательных аппаратов. В этой связи определение значений антропометрических характеристик в зависимости от величины углов наклона опорных поверхностей кресла является весьма актуальным.

Проведенные исследования базировались на методологии деятельностного подхода при проектировании рабочих мест экипажей летательных аппаратов. Исследовались основные антропометрические характеристики человека, являющиеся базовыми при проектировании компоновочных схем рабочих мест экипажей летательных аппаратов.

На основании проведенных исследований установлено, что базовыми антропометрическими характеристиками (АХ) при проектировании компоновочных схем рабочих мест экипажей являются следующие: - точка глаза; - угловое положение нормальной линии взгляда относительно горизонтали, проходящей через точку глаза; - точка 3-го межреберья; - локтевая точка; - точка передней поверхности тела; - досягаемость руки; - точка коленного сустава; - досягаемость ноги; - оптимальное соотношение углов в локтевом, тазобедренном и коленном суставах при выполнении управляющих воздействий, создании интенсивного мышечного напряжения и комфортной позы для кратковременного отдыха.

В результате проведенных исследований определены значения антропометрических характеристик, являющихся базовыми, при проектировании компоновочных характеристик кабин летательных аппаратов в зависимости от величины угла наклона спинки ( $0 - 55^\circ$ ) и сиденья ( $0 - 45^\circ$ ) кресла.

Компоновочные характеристики центральной РУС зависят прежде всего от двух антропометрических параметров: легкой функциональной досягаемости руки летчика с минимальными АХ и максимальной величины расстояния от спинки кресла до выступающей части передней поверхности тела. Если по данным измерений досягаемости руки рассчитывается размещение РУС в крайнем положении «от себя», то выступающая точка передней поверхности тела определяет крайнее значение координат РУС в положении «на себя». Измерения проводились при угле отведения правой руки  $0^\circ$  и высоте центра рукоятки РУС 250 и 350 мм относительно точки «S» кресла у испытуемых, одетых в легкое летное обмундирование.

Исследования показали, что диапазон перемещения РУС в продольном канале управления при увеличении угла наклона спинки кресла уменьшается. Причем, чем ниже высота размещения рукоятки РУС, тем меньше ее диапазон перемещения в продольном канале управления.

Границы зон размещения боковых ОУ (РУД и боковой РУС) определялись по двум антропометрическим показателям: легкой функциональной досягаемости руки летчика с минимальными значениями АХ руки при угле ее отведения  $\sim 30^\circ$  (дальняя граница) и проекционным расстоянием от вертикали из точки «S» до межпальцевой точки 1-го пальца при положении плеча, параллельном спинке кресла у летчиков с максимальным значением АХ руки (ближняя граница). Боковое удаление центра рукоятки РУД и БРУС, исходя из стандартных

размеров ширины кабины, было выбрано 300 мм. Измерения АХ проводились при высоте центра рукоятки бокового ОУ относительно точки «S» 250 и 350 мм.

Установлено, что размещение ОУ на границе досягаемости летчиков с минимальным АХ при углах наклона спинки более 25° (высота ОУ - 250 мм) и более 40° (высота ОУ - 350 мм) неудобно для летчиков с максимальными АХ руки из-за упора локтя в спину кресла. Следовательно, при установке кресел с увеличенными углами наклона спинки (> 25°) боковые ОУ должны быть регулируемы на земле в зависимости от величины их перемещения и высоты размещения центра рукоятки РУС.

Исследования, проведенные на ЦФ, показали, что перераспределение жидких сред организма при воздействии перегрузок  $\eta = 9$  ед является важнейшим фактором, влияющим на выбор компоновочных характеристик ручных ОУ движением ЛА. При воздействии перегрузок + Gz 7-8 ед возрастание внутрисосудистого давления в предплечьях может вызывать дискомфортные и болевые ощущения, а также петехиальные кровоизлияния в кожных покровах предплечья. Внутрисосудистое давление предплечья зависит не только от величины перегрузки, но и от взаимного расположения по вертикали устья полых вен сердца (точка 3-го межреберья) и сосудов предплечья в нижней его части (локтевая точка), т.е. высоты гемостатического столба (гст). Высота гст рассчитывается по формуле:  $h_{гст} = h_{\text{точки 3-его межреберья}} - h_{\text{локтевой точки}}$ , где  $h_{гст}$  – высота гемостатического столба;  $h_{\text{точки 3-его межреберья}}$  – высота точки 3 – его межреберья и  $h_{\text{локтевой точки}}$  – высота локтевой точки относительно точки « S » кресла.

Таким образом, при выборе компоновочных характеристик ручных ОУ высокоманевренных ЛА: РУС, БРУС и РУД необходимо учитывать высоту их размещения относительно точки 3-го межреберья. Компоновка ручных ОУ ЛА, при которой положение локтевой точки приводит к величине  $h_{гст}$  выше допустимого, требует использования специальных средств противоперегрузочной защиты рук, компенсирующих давление в сосудах предплечья.

Компоновочные характеристики приборной доски (ее размеры, угловое положение, дистанция наблюдения), исходя из оптико-физиологических возможностей зрительного анализатора, определяются в основном тремя АХ: точкой глаза, нормальной линией взгляда и верхней точкой колена. Вертикальные размеры приборной доски (ПД) рассчитываются по условиям обзора ее верхнего и нижнего края. Верхний край ПД ограничивается углом обзора из кабины « вперед – вниз », который в соответствии с требованиями НТД должен составлять не менее -15° вниз от горизонтали (главной линии визирования), проходящей от точки глаза. Нижняя граница ПД определяется линией, проходящей через точку глаза и верхнюю точку колена у летчика с максимальными АХ длины ноги и минимальном росте сидя. При увеличении угла наклона кресла высота точки глаза относительно т. « S » уменьшается, а высота коленной точки увеличивается. Точка глаза смещается назад относительно вертикали из точки « S », что требует приближения ПД к летчику для сохранения стандартного значения дистанции ее наблюдения (не более 750 мм). Следовательно, увеличение угла установки кресла приводит к уменьшению вертикальных размеров ПД и сокращению ее площади для размещения индикаторов и приборов.

Важным условием при компоновке ПД является размещение ее в зоне оптимальной видимости, которая находится в пределах  $\pm 15^\circ$  от нормальной линии взгляда. Угловые отклонения нормальной линии взгляда относительно горизонтальной линии визирования при положении головы в основной рабочей позе были полученные с использованием кинорегистрирующей аппаратуры типа « НАС ».

Исследованиями установлено, что увеличение угла наклона спинки кресла сопровождается уходом вверх нормальной линии взгляда относительно горизонтальной линии визирования, вследствие чего вертикальные размеры зоны оптимальной видимости ПД также уменьшаются. Для восприятия информации с индикаторов, находящихся ниже зоны оптимальной видимости, летчику необходимо изменить направление зрительных осей глаз путем увеличения наклона головы вниз, что приводит к дополнительному напряжению глазных и шейных мышц, а при выполнении длительных полетов – к преждевременному их утомлению. Уменьшение вертикальных размеров ПД и ухудшение условий ее обзора при увеличении угла наклона спинки

кресла повышает значимость использования электронных индикаторов и ИЛС как основных средств отображения пилотажно-навигационной информации, причем оптимальным местом для компоновки электронных СОИ является верхняя часть ПД. Кроме того, при ухудшении условия обзора ПД заслуживает внимания исследование возможности переноса части информации с экранных индикаторов и ИЛСа в поле зрения нашлемной системы целеуказания, прицеливания и индикации.

Одним из возможных вариантов оптимизации условий обзора приборной доски при увеличенных углах установки кресла в кабине является коррекция нормальной линии взгляда за счет применения регулируемого шейно-плечевого ложеента и заголовника.

Антропометрические характеристики досягаемости ног определялись исходя из условий оптимальных для управления, возможности создания максимальных мышечных усилий при выполнении противоперегрузочных приемов, а также при занятии удобной позы для кратковременного отдыха. Результаты биомеханических исследований по определению координат размещения педалей показали, что оптимальным для управления является угол в коленном суставе 125 град., при создании максимальных мышечных усилий соотношение угла бедро-голень составляло 120-140град, а при занятии удобной позы для отдыха испытуемые распрямляли ноги в коленном суставе до 160-170 град.

Таким образом, проведенные антропометрические исследования, позволили получить значения антропометрических характеристик, которые являются базовыми при проектировании компоновочных схем кабин ЛА, имеющих нестандартные углы наклона опорных поверхностей кресел.

## **12.9. ЭРГОНОМИКА И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР БЕРЕГИТЕ СЕБЯ!**

*Сидяхметов Р.*

*ФГУП ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского.*

*140180, г. Жуковский, Моск. обл., ул. Жуковского, д.1.,*

*тел. (495) 556-44-76, e-mail: [sidsaule@mail.ru](mailto:sidsaule@mail.ru)*

Неприятие, основанное на недостаточном понимании, а порой и необоснованной критике, учения академика Абдуллаева Фархата Мухамедовича по направлению генетической медицины не значит, что надо отрицать новейшее учение, по своим способам соотносимое с народной медициной. Методика ФАРХАТ ата и НИНА ана не ставит сколь бы то ни было строгие границы применения и направлена на все существующие человеческие болезни через восстановление здорового сознания и сознательности людей до уровня полного признания и культивирования в себе любви, доброты, веры.

Имея опыт работы (в 1995 – 1999 г.г.) в качестве целителя по методу известной Джуны, а с 29 мая этого года в качестве ученика Фархат ата и Нина ана, и сравнивая два этих направления друг с другом и рядом других, могу компетентно подытожить:

ФАРХАТ АТА и НИНА АНА являются уникальным явлением. Их методика и учение направлены на оздоровление каждого человека на Земле и в Космосе. Более того, направлены на сознание, поднятие на самый высокий уровень.

Овладение методом (в той или иной степени для лечения членов семьи или других людей) дается от Фархат ата не всем, а выборочно, так как сопряжено с личностью исцеляющего, его возможностями.

Ещё одна уникальность Учения ФАРХАТ ата и НИНА ана в том, что они полностью отрицают рекламу, тем более саморекламу. Поэтому мое сообщение носит информационный характер для вас, находящихся на самых передовых (космических) рубежах международной медицины, целью которой является оздоровление, сохранение здоровья, работоспособности космонавтов и всех, кто связал свою жизнь с авиацией и с космосом.

В связи с изложенным прошу внести в решение секции и в целом в Декларацию конгресса следующий пункт: «Для полного вылечивания пострадавших при испытаниях и освоении авиационной и космической техники рекомендовать в международном масштабе методику Фархат ата и Нина ана.»

Спасибо за внимание!

## **12.10. ЭГОСКОПИЯ – НОВЫЙ МЕТОД ПСИХОДИАГНОСТИКИ НА ОСНОВЕ ПИКТОПОЛИГРАФИЧЕСКОГО ПОДХОДА**

*Юрьев Г.П., Скоморохов А.А., Захаров С.М.*

*ИФ РАН, поликлиника № 1 РАН, Москва;*

*НПКФ «МЕДИКОМ-МТД», Таганрог, Россия, [www.medicom-mtd.com](http://www.medicom-mtd.com), [www.reacor.ru](http://www.reacor.ru)*

Отбор кандидатов для обучения к работе в сложных условиях авиационных и космических полётов регламентирован системой разнообразных исследований, разобъённых на отдельные методы психологической, психофизиологической и медицинской диагностики. В таком исторически сформировавшемся подходе реализуется диагностика интегральной индивидуальности (ИИ) человека. Однако, эмпирически известна и теоретически обоснована уникальная стереотипность этико-соматических коррелятов личности как синхронических функциональных структур ИИ.

Для объективизации и повышения достоверности результатов при исследованиях структуры личности предложен метод эгоскопии, базирующийся на пиктографическом подходе и являющийся синтезом самодокументированного варианта проективных методик и психофизиологического метода выявления эмоциональных реакций на выполняемые задания (полиграфия или метод детекции лжи).

На основе развития психофизиологического реабилитационного комплекса «Реакор» создан инструмент, позволяющий объективировать проективные методы исследования личности путем измерения и многомерного анализа смысло-физиологических паттернов личности – это проективно-аналитический комплекс «ЭГОСКОП» (лат. ego «я» + греч. skoreō «исследовать»). Эгоскопия – принципиально новый метод инструментальной диагностики человека – базируется на совместном количественном анализе трендов синхронно регистрируемых показателей ЭЭГ, рекурсии дыхания, фотоплетизмограммы, кожно-гальванической реакции, ЭМГ и параметров поведенческой деятельности при выполнении диагностических заданий специальной ручкой на обычном листе бумаги, размещенном на поле электронного графического планшета, подключенного к компьютеру. Обследуемому на экране ПК последовательно предъявляются стимулы проективных методик или задания (вопросы, утверждения, инструкции), объединённые диагностическим сценарием. При тестировании распознаются тренды перемещения пера по бумаге и 256 градаций давления на перо.

Полученные результаты представляются в виде профилей смыло-физиологической значимости с указанием статистической достоверности по различным смысловым кластерам, таблицах и графиках, а также в 3-D-представлении. Для формирования выводов о степени проблемности той или иной темы используются определенные статистические критерии согласованности пиктографических, полиграфических и ЭЭГ-показателей. Эгоскопия позволяет специалисту формулировать индивидуальный диагноз, учитывающий соматические и этические взаимосвязи эго; создавать практически неискажённый психологическими защитами этико-соматический профиль испытуемого, выявлять неосознаваемые доболезненные состояния и проблемы социальной, профессиональной и личной жизни человека.

## 12.11. ПРИГОДНОСТЬ СОВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕРМОРЕГУЛЯЦИИ ЧЕЛОВЕКА ДЛЯ ИМИТАЦИИ КОСМИЧЕСКОЙ ВНЕКОРАБЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

*Филипенков С.Н.*

Государственный научный центр РФ-Институт медико-биологических проблем РАН

Разработка моделей терморегуляции в целях прогноза теплового состояния человека актуальна для операций внекорабельной деятельности (ВКД), которые выполняются при самых разнообразных по температуре внешних условиях окружающей среды. Выход в вакуум из космического объекта может выполняться на ночной или дневной части орбитального витка и связан с переходом членов экипажа с освещенной Солнцем поверхности объекта на затененную его часть (и обратно) при быстро меняющемся темпе физической активности космонавтов. При этом, теплопродукция организма варьирует от уровня 1-ой единицы метаболизма (мет), характерной для состояния относительного покоя (при операциях контроля систем и страховки другого члена экипажа) до 10 мет и более (соответствующего выполнению очень тяжелой работы с максимальной аэробной мощностью и более чем 10-кратному увеличению уровня метаболизма организма). Применение ручного регулирования теплосъема путем изменения температуры воды, циркулирующей в костюме водяного охлаждения (КВО) в пределах от 2 до 33 °С, а также изменение расхода газа, вентилирующего подскафандровое пространство в пределах 50-150 л/мин STPD, создает дополнительную вариабельность в нестационарных, по своей сути, процессах поддержания нормальной температуры тела (ТТ) организма и регулирования интенсивности теплообмена между поверхностью тела человека и окружающей его средой подскафандрового пространства.

Имеется целый ряд успешных способов решения данной задачи в приближенных к стационарным условиям теплообмена между телом человека, скафандром и окружающей средой, которые были проверены в физиологических экспериментах в термобарокамерах и при высадке на Луну (J. Stolwijk, 1971; P. Webb, 1975; J. Waligoga, 1977; Дж. Валигора, 1994), а также использовались при моделировании теплового баланса организма в испытаниях автономных систем обеспечения скафандров "Орлан" (Ю.Г. Коныхевич, 1972; А.С. Барер и соавт., 1979-1987) и других индивидуальных средств защиты (В.С. Кошечев и соавт., 1980; V. S. Koscheyev et al, 1997-2005).

Проведен предварительный обзор отечественных моделей системы терморегулирования (Ермакова И.И., 1987-1990), модели для погружений человека в холодную воду (Л.М. Савельева и соавт., 1987); биофизической модели изолирующих средств индивидуальной защиты и биокалориметров (А.А. Глушко, 1986); математической модели работы человека с системами водяного охлаждения и вентиляции (И.К. Заратуйченко и соавт., 1996-1997; С.Н. Филипенков и соавт., 1998-1999), математической модели терморегуляции организма в замкнутом гермообъеме (Т.В. Матюшев, Н.Н. Хабаровский, 2001; Н.Н. Хабаровский, В.С. Бедненко, Т.В. Матюшев 2002). Он выявил очень большую погрешность прогноза изменений ТТ (более  $\pm 1$  °С от фактической величины ТТ) при описании переходных процессов изменения теплопродукции организма в период интенсивной физической активности, с помощью линейных дифференциальных ур-ий первого и второго порядка. Более точный прогноз (с абсолютной погрешностью менее  $\pm 1$  °С от фактической величины ТТ человека) был получен лишь при использовании дифференциальных ур-ий в частных производных в наиболее сложных моделях терморегуляции человека в замкнутом гермообъеме и в скафандре (Н.Н. Хабаровский, В.С. Бедненко, Т.В. Матюшев, 2002; Т.В. Матюшев, Н.Н. Хабаровский, 2001).

Выполненное сравнение структуры и функции всех отечественных моделей, которые описывают состояние человека системой дифференциальных или алгебраических уравнений для цилиндрических сегментов тела, показало тенденцию к повышению точности прогноза теплового состояния организма лишь при увеличении общего количеством сегментов модели тела человека с 1 до 17. Проанализированы имеющиеся зарубежные данные по 41-узловой

модели, использованной NASA в программе «Аполлон» (J. Stolwijk, 1971), в которой тело описывается 10 сегментами; а также результаты применения физиологической модели ВКД, разработанной на основе той же 41-узловой модели по заказу ESA (F. Monchoux, F. Thellier, F. Bagiana et al., 1994); которые подтверждают крайне низкую точность прогноза ТТ космонавтов при реальной ВКД вне станции «Мир». Различия между прогнозируемой и фактически измеренной ТТ человека в условиях реальной операции ВКД достигали 5°C из-за наличия переходных процессов, обусловленных несоответствием изменений уровня физической активности и выбранной вручную температуры воды в КВО стационарным процессам теплообмена, заложенным в модель J. Stolwijk.

Наиболее точный прогноз теплового состояния человека достигался лишь в расчетах по 255 узловой модели для ВКД с 15 сегментами, созданной за последние годы на базе 40-летних разработок модели E.H. Wissler (E.H. Wissler, 1964-1986; L.F. Smith et al., 1994-1996; J.D. French et al., 1998). По модели E.H. Wissler в условиях моделирования ВКД обеспечивается максимальная точность оценки величины ТТ около  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  для ядра тела человека и около  $\pm 2,0^\circ\text{C}$  для температуры кожи (K. L. Nyberg, 1997-2000, V.L. Pisacane, L.H. Kuznetz, J.S. Logan, J.B. Clark, E.H. Wissler, 2005).

Критической проблемой практического внедрения всех перечисленных моделей терморегуляции в систему оперативного медицинского контроля (ОМК) оказалась именно недостаточная точность прогноза ТТ человека, которая достигается из-за ошибок в расчетах оперативных оценок теплового баланса и теплового состояния космонавтов в реальной ВКД. Для всех рассмотренных моделей выявлена невысокая точность прогноза средней ТТ даже в стационарных режимах теплообмена между человеком и подскафандровым пространством, а также отмечается неадекватность физического описания переходных процессов, возникающих в результате рабочей гипертермии при развитии ощутимого потоотделения во время физической активности космонавта или при переходе от работы ногами (при моделировании ВКД на поверхности Луны) к работе руками и мышцами верхней половины тела (в орбитальной ВКД). В большинстве моделей не было описания переходных режимов кондуктивного и конвективного теплообмена, а также отсутствовали биофизические характеристики тепловых потоков и массопереноса, обусловленные взаимодействием контуров водяного охлаждения и вентиляции скафандра при наличии потоотделения с поверхности кожи. В частности, во всех моделях отсутствует математический анализ нестационарных процессов конденсации влаги из вентилирующего газа на поверхность холодных трубок КВО (и ее испарения при повышении температуры воды в костюме). Между тем эти процессы составляют при комбинированном применении КВО совместно с вентиляцией газом весомую долю теплового баланса организма человека (от 10% до 25% от теплопродукции организма). Следовательно, при прогнозе теплового состояния человека при ОМК во время ВКД более надежно использовать датчик для регистрации ТТ (А.А. Шейкин, Б.А. Утехин, 2002; Б.А. Утехин, 2002), имеющий на порядок меньшую чем у моделей погрешность (по всему телеметрическому каналу точность измерений  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ ).

Основной целью настоящего исследования являлся выбор математической базы для создания программного обеспечения информационно-вычислительного комплекса и разработки методов анализа оперативной физиологической и медицинской информации при ВКД. Оценка валидности моделей была необходима для определения соответствия математического описания терморегуляции человека специфическим условиям ВКД и выяснения того факта, насколько качественно математические модели прогнозируют тепловое состояние человека.

Основной упор делался на выявлении различий в формальном аппарате моделей. Критической проблемой моделирования терморегуляции человека оказалась точность прогноза, которая достигается при расчетах оперативных оценок теплового состояния космонавтов при реальной ВКД. У всех рассматриваемых моделей была выявлена невысокая точность прогноза средней температуры тела при стационарных режимах теплообмена между человеком и подскафандровым пространством. Отмечается полная неадекватность

биофизического описания переходных процессов, возникающих при изменении характера физической активности космонавта или при переходе от работы ногами при моделировании ВКД на поверхности Луны к работе руками и мышцами верхней половины тела при орбитальной ВКД. В большинстве моделей не было также обнаружено описания нестационарных режимов кондуктивного теплообмена и биофизических характеристик тепловых потоков, связанных с взаимодействием водяного охлаждения и вентиляции, в частности, наличия конденсации и испарения влаги из вентилирующего газа на поверхности трубок костюма водяного охлаждения. Наиболее точный прогноз в настоящее время достигается при применении самой сложной модели Е.Н. Wissler, где также обеспечивается низкая точность моделирования порядка  $\pm 0,5$  °С для ядра тела человека и около  $\pm 2,0$  °С для температуры кожи (Piscane V.L. et al., 2005). Столь большая погрешность неприемлема для ОМК теплосодержания организма. Сделан вывод, что с целью прогнозирования теплового состояния во время ВКД надежнее использовать датчик для регистрации температуры тела у космонавтов, обеспечивающий более высокую точность телеметрии температуры тела космонавтов (Утехин Б.А., 2002; Шейкин А.А., Утехин Б.А. 2002). Доказана необходимость выполнения более точной оценки моделей переходных процессов терморегулирования у человека применительно к моделированию операций ВКД.

Планируется продолжить оценку работоспособности моделей при различных условиях ВКД и выполнить математический анализ обоснованности применяемого формального аппарата. Оценка будет носить количественный характер и должна выполняться с учетом современных достижений математической теории управления сложными системами при более точном, чем это было сделано ранее (С.М. Городинский и соавт., 1976; А.А. Глушко, 1986; И.К. Заратуйченко и соавт., 1996; Н.Н. Хабаровский и соавт., 2002), описании переходных биофизических и физиологических процессов в замкнутой системе "человек-скафандр-внешние условия ВКД". При этом будет крайне важно оценить известные в настоящее время характеристики системы ВКД, а также табулировать ее параметры, что повысит прогностическую ценность моделей и выявит границы применимости аналитических методов моделирования системы терморегуляции человека в операциях ВКД.

Определение критических факторов и ограничений позволит в дальнейшем создать руководство по моделированию системы "человек-скафандр-внешняя среда" не только для операций орбитальной ВКД, но и для условий высадки человека на поверхность Луны и Марса. Такие мероприятия обеспечат научную базу для дальнейшего совершенствования моделей терморегуляции человека в целях их практического использования при описании процессов теплообмена и оценки теплового состояния организма при любых видах ВКД в открытом космосе и на других планетах, а также в экстремальных условиях трудовой деятельности человека на Земле, в воздухе и под водой.

Литература:

1. Ажаев А.Н. Физиолого-гигиенические аспекты действия высоких и низких температур. Проблемы космической биологии. т. 38. М.: "Наука", 1979, 264 с.
2. Барер А.С. Искусственное поддержание температурного гомеостаза у человека в экстремальных условиях. Руководство по физиологии: Физиология терморегуляции. Л., "Наука", 1984, с. 320-347.
3. Барер А.С., Конахевич Ю.Г., Филипенков С.Н., Шейкин А.А. Динамика показателей теплового состояния человека при обеспечении теплового баланса с помощью костюма водяного охлаждения космического скафандра. В сб.: Авиакосмическая медицина У1 Всесоюзная конференция по космической биологии и авиакосмической медицине. ч. 1, М. 1979, с 105-106.
4. Барер А.С., Конахевич Ю.Г., Филипенков С.Н., Шейкин А.А. Анализ регулирования работы костюма жидкостного охлаждения по субъективным ощущениям и некоторые предпосылки к автоматизации управления. В сб.: Медико-технические проблемы индивидуальной защиты человека. Вып. 20, М. 1977, с. 19-23.

## 12.12. АНАЛИЗ КОНЦЕПЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОГО СКАФАНДРА ДЛЯ ЭКСПЕДИЦИЙ НА ЛУНУ И МАРС

*Филипенков С.Н.<sup>1</sup>, Рыков Г.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*ГНЦ РФ – Институт Медико-Биологических Проблем РАН*

<sup>2</sup>*Центр Международной Авиакосмической Кооперации*

В докладе представлено концептуальное исследование эргономических типов скафандров космонавтов (СК) пилотируемой экспедиции. Рассмотрены следующие случаи необходимости применения СК: внекорабельная деятельность (ВКД) на фазе перелета и на орбите вокруг Луны и Марса (где операции ВКД нежелательны, но возможны); ВКД по десантированию на поверхности, решение долговременных задач по исследованию планеты; операции при посадке и взлете в качестве аварийно-спасательного СК.

Универсальный СК поможет осуществить ВКД на фазе перелета, на поверхности Луны и Марса, а также будет служить в качестве аварийно-спасательного при посадке и взлете. Рассмотрены различия внешних условий, целевых задач применения индивидуального защитного снаряжения и автономных систем обеспечения жизнедеятельности (АСОЖ) в каждом конкретном случае, а также вытекающие из этого требования к конструкции. Выбор единой концепции был осуществлен на базе требований высокой надежности, готовности, безопасности и ремонтпригодности, а также приспособляемости (адаптивности) снаряжения. Проведенный анализ показал преимущество СК полужесткого типа модульной конструкции в обеспечении плановых операций “выход” и возможной аварийной ВКД.

Межпланетный полет – это реальная перспектива первой половины XXI века, но медико-технические аспекты экспедиции целое столетие обсуждают в России. Сначала концепция экспедиции к Марсу с дополнительной высадкой на поверхность его спутников Демоса, Фобоса или крупные астероиды была предметом дискуссий К.Э. Циолковского и врача - революционера А.А. Малиновского (Богданова), находившегося в ссылке в Калуге с 1903 года [1-5]. Еще в 1908 г. А.А. Малиновский описал в своей «Красной звезде» применение ядерной энергетической установки космического корабля, указал на возможность развития у человека космической болезни движения в силу отсутствия тяжести и предупреждал об опасности гибели экипажа от декомпрессии при разгерметизации кабины после соударения с метеоритом [6]. Небезынтересна в медико-биологическом аспекте повесть о выживании и гибели на Марсе экипажа из трех американских астронавтов, которую писал в течение в 1920 года В.Я. Брюсов [7].

Подлинно научная концепция ВКД в межпланетных полетах была наиболее последовательно разработана в трудах К.Э. Циолковского [35], который в течение двух десятилетий обдумывал возможности выхода человека в скафандре в космос и высадку на поверхность Луны, Марса и астероидов, напряженно работая над повестью «Вне Земли» (была начата 28 декабря 1896 и закончена лишь в апреле 1917 г.). На протяжении всей своей жизни основоположник российской космонавтики проанализировал самые различные возможности применения СК за пределами космического корабля, требования к АСОЖ, совместимые режимы давления в кабине и в СК. Он же предложил шлюзовую камеру для выходов в космос, средства перемещения космонавта (СПК) и безопасные методы его страховки или фиксации на внешней поверхности космического корабля при помощи страховочных фалов [5]. Именно о трудах К.Э. Циолковского, как о точном научном предвидении, отзывался А.А. Леонов, совершивший первый выход в космос [15,16]. Многие из рекомендаций ученого реализованы в отечественной системе ВКД [1,24], но большая часть его прогнозов, по планированию в 2017 г. межпланетной экспедиции международного экипажа из 6 космонавтов, еще только ставится в повестку научных и экспериментальных исследований, а также опытно-конструкторских работ трех первых десятилетий XXI века [5,8-11,13,14, 20,23,36-61].

Целью доклада является рассмотрение современной концепции систем обеспечения ВКД на участке перелета и на поверхности Луны и Марса, анализ ситуаций требующих

применения СК для защиты экипажа, определение типов СК и их количества, формулирование требований к универсальному СК.

Анализ условий и сценариев применения скафандра для выхода из кабины космического корабля лунной и марсианской экспедиций

Медико-технические требования к средствам марсианской ВКД могут формироваться на основе практического опыта эксплуатации СК с учетом специфики экспедиции на Луну и Марс [5,8,10,13,14,18-15,23,30,32,33,44,45,48,52,56,59]. Так, в межпланетном пространстве уровень ионизирующего радиационного облучения относительно высок и противорадиационная защита экипажа во время перелета одна из самых серьезных проблем безопасности полета [12,21,22,27,28,34,50,52,54,55]. Современные СК не обладают достаточной противорадиационной защитой. Российские СК типа «Орлан» имеют защиту эквивалентную по алюминию в диапазоне 0.5 – 1.5 г/см<sup>2</sup> (минимальную для мягких оболочек конечностей и максимальную для наспинного ранца жесткой кирасы) [12,18,45]. СК США имеют меньший защитный эквивалент по алюминию, а именно: по рукавам - 0.2, по корпусу - 0.5 и по комплекту шлема - 0.9 г/см<sup>2</sup> [53,61]. Защита путем утолщения оболочки приведет к росту габаритов и массы СК [43,45,51,53,57]. ВКД на фазе перелета может быть только внеплановой при развитии аварийной ситуации требующей вмешательства [18,45]. Создание СК специально для этих целей представляется нецелесообразным, т.к. требуется увеличить почти на два порядка его противорадиационную защиту (эквивалент по алюминию около 20 - 30 г/см<sup>2</sup>) [3,17,25,29,34,45,50]. Применение активных средств противорадиационной защиты не имеет преимуществ по сравнению с пассивными [34] и требует определенных затрат энергии на создание электромагнитных полей вокруг космонавтов [45]. СПК, снабженное активной или пассивной защитой является единственным эффективным средством противорадиационной защиты космонавта в подобной ситуации [45]. В случае аварийной ситуации, задачи ВКД следует решать с помощью робототехнических средств или с помощью переоснащаемого СК для ВКД (см. Рис. 1).

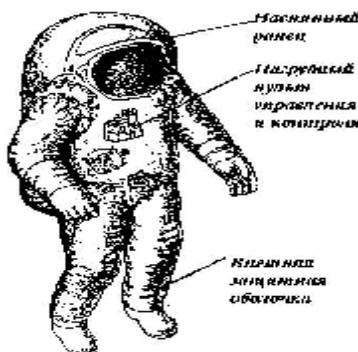


Рис. 1. Внешний вид универсального СК с защитной оболочкой.

Перечень узлов различных СК в вакууме и в условиях разреженной атмосферы приведены в табл. 1. Такое оборудование (дополнительная защита, верхняя одежда с ЭВТИ и т.д.) может быть выполнено отдельным комплектом и храниться на случай аварийной ВКД. Возможны случаи, когда только ВКД поможет восстановить живучесть корабля. Со временем, возможны также запланированные ВКД на поверхности орбитального блока находящегося на орбите вокруг Марса, при развитии его инфраструктуры и в процессе эксплуатации. Подлежит исследованию вариант СК с пассивной защитой основанной на заполнении водой пространства между оболочкой СК и телом космонавта.

## Перечень оборудования дооснащения СК ВКД при перелете к Луне или Марсу и обратно [31].

Оборудование	Назначение
Дополнительная защита	Защита от радиации
Верхняя одежда с ЭВТИ	Теплоизоляция
Фалы (страховочные, электрические и т.д.)	Обеспечение ВКД на поверхности основного блока
Защитные перчатки с ЭВТИ	Обеспечение ВКД в вакууме
Элементы АСОЖ	Обеспечение ВКД в вакууме

Противорадиационная защита таким образом может быть повышена до 2-3 г/см<sup>2</sup> за счет воды с эквивалентным снижением дозы облучения во время ВКД [18,45]. Для реализации такой пассивной защиты на воде потребуются проработать следующие вопросы: защита от воды полости шлема, процедура заполнения и слива воды из СК, сепарация воды от пузырьков воздуха, организация охлаждения тела оператора, разработка компенсатора изменения объема СК при движениях космонавта и т.д. При посадке на Луну и Марс, взлете с поверхности и при стыковке/расстыковке с орбитальным модулем, по соображениям безопасности космонавтам необходимо находиться в СК. Для этого в настоящее время применяются СК аварийно-спасательного типа [1]. Находясь в посадочном модуле, космонавты должны быть защищены СК на случай аварийной посадки, когда может потребоваться ВКД из разгерметизированного модуля. В качестве аварийно-спасательного СК необходимо применить СК, предназначенный для ВКД на поверхности Марса, аналогично программе «Аполлон» и советской лунной программе «Луна 3».

При посадке на Марс и взлете с него на космонавта могут действовать значительные перегрузки (подлежат определению), поэтому СК должен быть совместимым с амортизационным устройством. Во время посадки/взлета могут быть разные положения тела космонавтов: лежа и стоя. Для позы лежа внутри СК, вдоль спины космонавта, может располагаться индивидуально профилированная вставка-ложемент, на которой космонавт мог бы лежать в СК. При положении стоя космонавт может пилотировать, непосредственно глядя в иллюминатор модуля, а перегрузку воспринимать, приседая в коленях и перемещаясь внутри СК за счет зазоров между телом и оболочкой СК. В этом варианте вес СК с учетом перегрузки должна воспринять специальная подвесная система с амортизационными свойствами. В том или ином случае СК должен быть надежно закреплен в узлах фиксации. В вертикально закрепленный СК будет также удобно входить/выходить и использовать эту подвесную систему для обслуживания и хранения. Выбор того или иного положения тел членов экипажа при посадке/взлете, будет определяться расчетным уровнем перегрузок для конкретного типа посадочного модуля.

После длительного перелета к Марсу, космонавты после условий невесомости должны выйти на поверхность Марса в условиях 0,38 земной силы тяжести и выполнить работу с энерготратами выше среднего уровня. Другие условия на поверхности Марса следующие: наличие атмосферы с давлением у поверхности планеты 6...11 мбар, средняя температура -55°С с перепадами от -143 до +17°С, разнообразный рельеф, абразивное действие окружающей среды, наличие песчаных бурь. Основные составляющие атмосферы Марса являются химически инертными газами и не опасны для материалов СК [18,45].

Из опыта российской космонавтики ВКД осуществлялось в разные периоды пребывания экипажа на борту космического корабля и станции: от одних суток до года [47]. Анализ выполнения работ показывает, что требуемый для ВКД уровень работоспособности вполне может поддерживаться в течение годового полета при использовании средств профилактики неблагоприятного воздействия микрогравитации, повторный выход может проводиться с интервалом одни - двое суток, с последующим выходами, вследствие приобретения навыков,

повышается качество выполняемых работ, сокращается время операций, снижается уровень энергозатрат, физической и эмоциональной напряженности космонавтов.

ВКД на поверхности Луны и Марса будет определяться подвижностью СК и возможностями АСОЖ, при принятых жестких ограничениях по массе. Повышение длительности ВКД зависит от конструкции АСОЖ, наличия сервисных систем питания и ассенизации. Очевидно преимущество подсоединения СК к бортовой СОЖ (БСОЖ) самоходного СПК при помощи фала. Тогда АСОЖ для СК применяется только автономно, при самостоятельном выходе и удалении от СПК. Применение модульных АСОЖ СК и БСОЖ лунохода и марсохода с взаимозаменяемыми отдельными узлами упростит их перезарядку (см. Рис. 2 и Рис. 3).

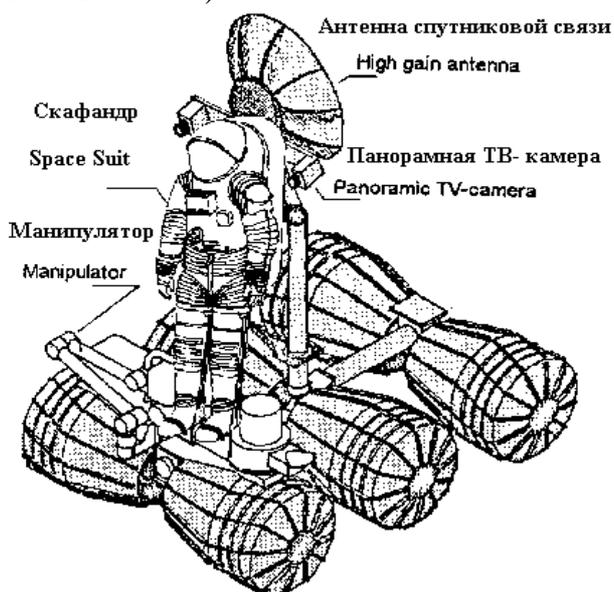


Рис. 2. Простейшее индивидуальное СПК на базе марсохода, оснащенного телеуправляемым рулевым устройством и манипулятором (контролируемыми с помощью голосовой связи), якорной площадкой для фиксации космонавта или размещения полезной нагрузки, системой спутниковой связи, широкоугольными ТВ-камерами

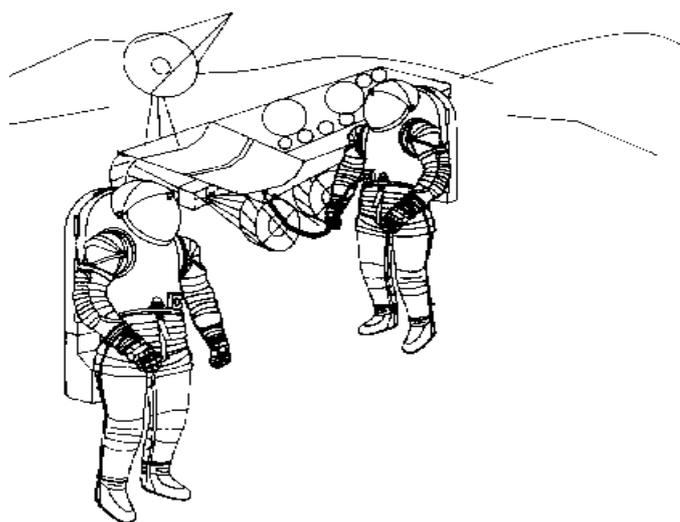


Рис. 3. Экспедиционный комплекс на базе с двумя универсальными СК и СПК может иметь в своем составе: систему спутниковой связи и позиционирования, БСОЖ, два кресла для размещения космонавтов. АСОЖ может дополняться шлангами для коммуникации с БСОЖ и для подсоединения к другому СК (слева представлен полностью автономный СК, а справа – подсоединенный к БСОЖ) [18]

Режим проведения ВКД на поверхности Марса в течение рабочего дня может состоять из двух ВКД по 4-5 часов с приемом пищи и гигиеническими процедурами в перерыве между ВКД. Это исключает применение сложных сервисных систем, упрощает функционирование СК и облегчит работу космонавтов. Наличие силы тяжести на Марсе потребует определения позы космонавта в СК, с учетом биомеханики и биоэнергетики локомоций во время пешего передвижения по поверхности Луны и Марса. Учитывая большую длительность полета к Марсу желательно произвести моделирование марсианской ВКД на наземных стендах сразу же после возвращения на Землю космонавтов основных экипажей космических станций после их длительного орбитального полета [5,45]. Конструкция СК должна быть оптимизирована с целью обеспечения взаимодействия с роботами, телеуправляемыми устройствами, СПК (луноходами и марсоходами) [18,30,43,45,44,49,60]. Эти средства расширят зону исследований, повысят производительность труда, энергетические и силовые возможности космонавтов. В случае отказа СПК следует предусмотреть самостоятельное возвращение к посадочному модулю. Должно быть определено максимальное удаление от базы в пределах 5-10 км. Это ограничение обусловлено не столько временем функционирования АСОЖ в пределах 5-10 ч, сколько большими физическими нагрузками, ожидаемыми при пешем передвижении по пересеченной поверхности Луны и Марса. Оптимальная поза отдыха при работе и ходьбе в СК

в условиях лунной гравитации была исследована при моделировании высадки космонавтов из лунной кабины посадочного корабля «ЛК-ЛЗ» и представлена на Рис. 4 [21].

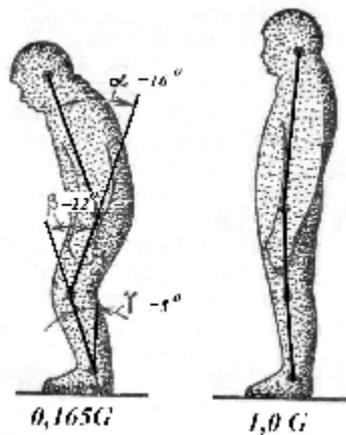


Рис. 4. Сравнение оптимальной для отдыха в СК позы стоя в наземных условиях (при 1,0 G) и при моделировании лунной гравитации (при 0,165 G) [21].

Разработки аппаратуры медицинского контроля ВКД на Луне/Марсе должны опираться на уже накопленный опыт, который позволяет выделить следующие проблемы: автоматизация сбора и обработки телеметрической информации с анализом электрокардиографических, пневмографических, термометрических и энергетических данных по имеющимся алгоритмам медицинского контроля, но на более совершенной компьютерной базе; разработка автоматических средств медицинского контроля состояния космонавта на основе бортовых информационных систем для обеспечения ВКД в отсутствие связи с Землей; создание программ и методов подготовки космонавтов, не участвующих в ВКД, самостоятельному медицинскому обеспечению ВКД на борту космического корабля и марсианской базы. Основной причиной усталости космонавтов при работе в СК будет не только утомление рук при многочисленных ручных операциях, но и весовая нагрузка на ноги при пешей транспортировке грузов и оборудования. Учитывая последствия длительного космического полета, его влияние на мышечную силу и функции опорно-двигательного аппарата человека, при подготовке работ на поверхности Марса необходимо исключить все тяжелые операции, широко использовать манипуляторы и автоматизацию ручных исследовательских процессов (взятие проб, бурение и т.д.), а для передвижения предпочтительно использовать СПК и марсоходы, специально оборудованные под размещение грузов и космонавтов в СК. Необходимы исследования по повышению подвижности существующих шарниров СК и исследования по эффективным сложным шарнирам: пястные шарниры перчаток, двухстепенные бедренные шарниры и т.д. Применение металлических узлов: подшипников, колец интерфейсов следует ограничить из-за требований по массе.

Опыт ВКД показывает, что проблема защиты зрения от солнечного излучения надежно решена с помощью комплекта остекления и светофильтров, а светильники на шлеме позволяют работать и в тени. Дальнейшие исследования по данной проблеме необходимы в следующих областях: улучшение обзора почвы непосредственно под ногами космонавта в СК, оценка средств индикации и отображения информации на шлеме, оценка психосенсорных реакций в изменяющихся условиях освещенности при нахождении в сложных условиях рельефа на Марсе.

При вспышках на Солнце, ВКД на Луне и Марсе можно будет проводить в ночное время суток, когда защитой будет служить сама планета, а в дневное время экипаж будет находиться в посадочном модуле или совершать поездки в оборудованном вездеходе.

Совместимые режимы давления в скафандре и кабине корабля.

Предстоит минимизировать время перехода от внутрикорабельного режима работы к ВКД. Использование СК с режимом давления 30 кПа, применяемым в США, или с режимом давления 40 кПа, применяемым в РФ, требует мер профилактики декомпрессионной болезни (ДБ) [5,11,14,18,21,43,48,51]. Необходимость специальных процедур дыхания чистым кислородом для выведения азота из организма (десатурации) снижает эффективность использования рабочего времени космонавта при ВКД и повышает расход газов. По этой причине давно ведутся разработки бездесатурационного СК с рабочим давлением 50 кПа и более, однако эта сложная техническая задача не реализована на практике на протяжении трех десятилетий [48,61,62].

Известна эффективная схема профилактики ДБ пребыванием в гипобарической искусственной атмосфере с давлением порядка 70 кПа, предложенная для программы «Луна-3», а затем реализованная в экспериментальной программе «Аполлон-Союз» и используемая до настоящего времени в программе «Шаттл». Она предусматривает поэтапное снижение давления в космическом корабле до начала ВКД. Данный метод позволяет создать гипобарическую атмосферу с нормализованным парциальным давлением кислорода в процессе компенсации кислородом утечек воздуха из кабины корабля при постепенном удалении азота вплоть до достижения коэффициента пресыщения равного единице, т.е. до полного исключения самой возможности ДБ при переходе к рабочему режиму СК равному 40 кПа [18,45,48]. Использование пониженного режима давления СК в пределах 20-30 кПа после длительного пребывания в гипобарической атмосфере также возможно, но лишь в аварийных ситуациях, т.к. имеется некоторый риск развития ДБ. Применение такой процедуры позволит космонавтам осуществить немедленное выполнение ВКД без затрат времени на десатурацию и без высокого риска развития ДБ [11,18,45]. Выбор более высокого значения рабочего давления в СК будет в основном определяться прогрессом в разработке шарниров оболочки СК для решения проблемы подвижности. Усложнение системы ВКД должно производиться в целях облегчения труда космонавтов и повышения безопасности работ. В табл.2 представлены основные медицинские требования к универсальному экспедиционному СК.

Таблица 2.

Скафандр лунной/марсианский экспедиций: подходы к обоснованию требований [48]

Основные медицинские требования	Обоснование
Небольшая масса СК Подвижный, гибкий, пригодный для ходьбы АСОЖ на 8-10 ч ВКД, наличие бачка с питьевой водой и устройства для сбора мочи Наличие УФ светофильтра Возможность быстрого извлечения неработоспособного космонавта Защита от холода, ветрового и абразивного воздействия пылевых бурь Автоматическая система терморегулирования Исключить время на проведение десатурации организма от азота	Наличие гравитации Поддержание высокого уровня работоспособности Обеспечение длительной работы на поверхности Луны и Марса Профилактика УФ поражения глаз Возможность своевременного оказания неотложной медицинской помощи пострадавшему Обеспечение безопасных условий работы Сосредоточить все внимание космонавта на выполнение задач ВКД Укоротить период шлюзования

#### Концепция универсального скафандра для лунных и марсианских экспедиций

Для оболочки СК возможны следующие конструктивные решения, представленные в табл. 2: 1) жесткий тип (все элементы оболочки СК, кроме перчаток, жесткие); 2) полужесткий тип (корпус жесткий, конечности мягкие); 3) мягкий тип (оболочка СК эластичная, из ткани). Однако, массивный СК жесткого типа является худшим вариантом, т.к. масса один из

критических факторов для выбора типа марсианского СК. К этому следует добавить, что жесткий СК имеет и самые большие габариты. Массы мягкого СК «Аполло» и полужесткого «Орлан» различаются ненамного (Табл. 3), однако 40-летняя практика ВКД уже показала эксплуатационные преимущества последнего.

Таблица 3.  
Сравнительные данные по массе оболочек СК и АСОЖ для ВКД, созданных со времени лунных программ «Аполлон» и «Луна 3» [1,2,18,19,38,41,51,53,62].

Страна	Тип СК	Рабочее давление, кПа	Время десатурации, ч	Масса оболочки, кг	Масса СОЖ, кг	Общая масса, кг	Вес (кг) СК ВКД на Луне/Марсе	Тип оболочки СК
США	Apollo 7LB (1969)	25.8-26.2	3.0-4.0 ч до полета, нет перед ВКД	27	50	89	14.8/33.7	Мягкий
США	Shuttle EMU (1981)	28.3-29.6	2.5-4.0	50	73	123	20.5/46.7	Полужесткий
США	ISS EMU (1998)	29.6	2.5-4.0	80	73	153	25.5/58.1	Полужесткий
США	АХ – 5 (1990)	57.2	0	77 ... 86	100	177	29.5/67.3	жесткий
США	Мк – III (1990)	57.2	0	73	123-195	209-285	34.8/79.4	Полужесткий
СССР	СКВ (1962 - 1965)	40	0	85				Полужесткий
СССР	Орел (1966 - 1970)	40	0	20	36	56	9.3/21.3	Мягкий
СССР	Орлан (1967 - 1971)	39.2-40	0	33	26	59	9.8/22.4	Полужесткий
СССР	Орланд (1977)	39.2-40	0.5	33	40.5	73.5	12.3/27.9	Полужесткий
СССР	ОрландМА (1988)	39.2-40	0.5	33	72	105	17.5/39.9	Полужесткий
Россия	Орлан-М (1998)	39.2-40	0.5	30	82	112	18.7/42.6	Полужесткий
Россия	СКВКД –2000	40-50	0.5	25	75	100	16.7/38	Полужесткий
Россия	СК–М(2003)	27-40		30				Полужесткий

Представляется оптимальным разработка одного базового варианта СК для ВКД на орбите, Луне и Марсе, исходя из того, что наилучшим вариантом в этом случае будет

полужесткий тип СК с входом сзади с ранцем - крышкой входного люка и с минимальным количеством гермоподшипников на нижней части оболочки (НЧО). В табл. 3 приведены данные по уже разработанным системам ВКД. Преимуществами такого типа являются: быстрота одевания - снятия СК; СОЖ встроенная в оболочку, когда нет наружных магистралей; удобство обслуживания СОЖ; возможность замены рукавов и НЧО; минимальное количество типоразмеров. Во время посадки/взлета, СК, предназначенный для ВКД на поверхности Марса, должен быть использован в качестве аварийно - спасательного внутри посадочного модуля и это позволит сэкономить общую массу снаряжения экспедиции. В концепции универсального СК должно быть учтено, как оператор будет воспринимать перегрузку при посадке и старте, находясь внутри СК. Для экспедиции на Марс предлагается использование одного универсального СК, заменяющего сразу три типа СК (см. Табл.4).

Таблица 4. Типы СК для экспедиции на Луну / Марс, задачи и особенности их замены одним универсальным СК ВКД [18,31,45].

Тип СК	Использование	Задача	Особенности применения
Для выхода в открытый космос	На поверхности корабля во время перелета и на орбите вокруг Луны и Марса	Нештатные и спасательные операции ВКД при поддержке робототехнических средств и различных типов СПК	В вакууме, в невесомости, при высоком уровне радиации
Внутри-корабельный	Активные участки полета, внутри посадочного модуля	Защита от разгерметизации, совместимость СК с устройствами амортизации	Перегрузки при посадке и взлете
Планетный	Поверхность Луны, Марса, Фобоса и Деймоса	ВКД по программе исследования Луны и Марса с применением лунохода и марсохода	При пониженной гравитации и повышенном уровне радиации

#### Заключение

Таким образом, в долговременной экспедиции на Луну и Марс возможно использование одного универсального СК полужесткого типа с входом сзади. При неплановой ВКД во время перелета он дооснащается дополнительной защитой и инструментами, а во время активных участков полета у Марса используется как аварийно-спасательное снаряжение совместно с амортизационным устройством. Универсальный СК со сменными комплектами снаряжения расширит сферу деятельности человека в космосе. Создание универсального СК будет существенным звеном в обеспечении межпланетной экспедиции. Объединение усилий разных стран по повышению эффективности ВКД предопределил выбор наилучших и экономических решений.

#### Литература:

1. Абрамов И.П., Дудник М.Н., Сверщек В.И., Северин Г.И., Скуг А.И., Стоклицкий А.Ю. Космические скафандры России. ОАО "НПП Звезда", 2005, М., с. 273-282.
2. Абрамов И.П., Моисеев Н.А., Стоклицкий А.Ю. Концепция оболочки планетарного скафандра. Экспресс информация ВИНТИ "Астронавтика и ракетодинамика", выпуск 11, М, 2001, с. 3 - 20.
3. Адамович Б.А., Горшенин В.А. Жизнь вне Земли. (гл. 3.8. Первая экспедиция на Марс.) М., 1997, с. 88-520.

4. Бабкин А.Н., Полещук А.Ф., Цыганков О.С. Технологические задачи и организация труда десантной группы экипажа на поверхности Марса. В сборнике "К.Э. Циолковский и проблемы развития науки и техники." Материалы XXXIX научных чтений памяти К.Э. Циолковского. И.Д. "Эйдос". Калуга, 2004, с. 189 -190.

5. Барер А.С., Гноевая Н.К., Рыков Г.А., Сокол Е.А., Филипенков С.Н. Медицинские проблемы обеспечения внекорабельной деятельности при полетах на Марс. Труды XXV чтений, посвященных разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского (Калуга, 11-14 сентября 1990 г.). Секция «Проблемы космической медицины и биологии». М., 1991, с. 29-36.