
**ПСИХОЛОГИЯ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОСМОНАВТОВ:
АНАЛИЗ И ДОСТИЖЕНИЯ**

© 2014 г. А. Н. Костин*, Ю. Я. Голиков**

** Доктор психологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории психологии труда и организационной психологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института психологии РАН;
e-mail: anatolykostin@gmail.com*

*** Доктор психологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории психологии труда и организационной психологии, там же*

В статье изложены основные направления и научные результаты многолетних исследований профессиональной деятельности космонавтов, проведенных в Институте психологии РАН в разное время. Описаны предпосылки этих исследований, обусловленные практикой космических полетов. Дано описание экспериментальных средств и необычных условий проведенных исследований. Показана большая практическая значимость полученных результатов для совершенствования профессиональной подготовки космонавтов на Земле и в длительных космических полетах, а также для проектирования новых пилотируемых кораблей.

Ключевые слова: деятельность космонавтов, психическая регуляция, проблемность, подобие деятельности, образ полета, прогнозирование, тренировочные зоны, поддержка принятия решений, проектирование взаимодействия космонавтов с бортовым контуром управления.

Исследования в области космической психологии, проводимые в Институте психологии РАН (ранее АН СССР) имеют долгую историю, которая во многом уже была описана [8]. Поэтому в данной статье рассматриваются только те научные результаты, которые относятся к исследованиям проблем профессиональной деятельности космонавтов. Прежде всего, остановимся на общих предпосылках и условиях проведения этих исследований.

**ПРЕДПОСЫЛКИ И УСЛОВИЯ
ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
КОСМОНАВТОВ**

С конца 1970-х годов до середины 1980-х годов исследования деятельности космонавтов проводились по заказу Ракетно-космической корпорации (РКК) (в то время Научно-производственного объединения) “Энергия” им. С.П. Королева. Основной акцент в предложенных для решения проблемах ставился на совершенствовании процесса профессиональной подготовки космонавтов к управлению транспортным космическим

кораблем и орбитальной станцией на тренажерах. Предпосылками проведения этих исследований был ряд неудачных космических полетов в 1970-е годы, в которых экипажам наших транспортных кораблей “Союз” не удалось выполнить стыковку с орбитальными станциями серии “Салют”. В этих полетах происходили разного рода нештатные ситуации, которые требовали от экипажа перехода с автоматического режима на ручное управление. Однако космонавты не смогли своевременно распознать возникшие отказы, которые в основном носили непредвиденный характер, понять их причины, выполнить требуемые действия и реализовать резервный (ручной) режим управления.

Кроме того, полеты на станциях “Салют” стали гораздо более продолжительными, чем автономные полеты на космических кораблях на начальных этапах развития пилотируемой космонавтики. В этих полетах космонавты должны были после длительного перерыва с момента окончания наземной подготовки реализовывать режимы перестыковки космического корабля с одного стыковочного узла станции на другой узел, осуществлять выходы в открытый космос, действовать

в опасных для жизни аварийных ситуациях (типа разгерметизации и пожара), а также выполнять спуск транспортного корабля с орбиты. Поэтому возникла проблема восстановления у космонавтов навыков управления космическим кораблем в разных режимах в длительном космическом полете.

Отмеченные особенности космических полетов потребовали проведения специальных исследований деятельности космонавтов, осуществляемых инженерными психологами и психологами труда. Имевшиеся в то время теоретические и методические разработки по изучению операторской деятельности оказались малопригодными для решения возникших проблем. Кроме того, сложность этих проблем потребовала принципиально новой организации работ. И, прежде всего, необходимо было создать специальные экспериментальные средства исследований. Эта средства должны были позволять моделировать, во-первых, различные режимы управления транспортным кораблем и, во-вторых, экстремальные условия космического полета.

Для моделирования режимов управления транспортным кораблем были созданы несколько экспериментальных установок, являющихся аналогами реальных тренажеров, которые использовались при подготовке космонавтов. С позиций сегодняшнего времени, когда имеются многочисленные компьютерные симуляторы различных видов профессиональной деятельности, в т.ч. и деятельности космонавтов, данная задача не представляется необычным делом. Однако для того, чтобы оценить ее реальную сложность, нужно вспомнить, что в 1980-х годах персональные компьютеры (вернее, мини-компьютеры размером с письменный стол) существовали только за рубежом и были недоступны, а компьютерные комплексы занимали большие залы и фактически не использовались для психологических экспериментов.

Первоначально часть режимов управления по ручному сближению и спуску космического корабля моделировалась на аналоговых вычислительных машинах, габариты которых хоть и были значительны (как большие тумбы), но, тем не менее, позволяли размещать их рядом с экспериментальным помещением. К этим машинам подсоединялись небольшие бытовые телевизоры, на которые выводилась визуальная обстановка в процессе сближения корабля со станцией (конечно, достаточно условная, но психологически вполне адекватная) или фазовая траектория спуска корабля с орбиты, стандартные цифровые электри-

ческие приборы (амперметры и вольтметры) для отображения количественных параметров работы систем и реальные ручки управления движением и спуском, снятые с уже отлетавших кораблей.

В связи с уже упоминавшимся отсутствием в нашей стране необходимого компьютерного оборудования системный блок первого цифрового компьютера для экспериментальной установки по моделированию нештатных ситуаций в бортовых системах транспортного корабля мы собирали сами, а затем подсоединяли к нему разное периферийное оборудование от “больших” ЭВМ – монитор с клавиатурой, печатающее устройство в виде электрической печатной машинки, устройство памяти на магнитной ленте. В то время не было ни жестких дисков, ни даже дискет. Программировать режимы управления приходилось в машинных кодах, что представляло достаточно трудоемкую задачу. Тем не менее, даже к такому компьютеру удалось подсоединить реальный пульт управления транспортным кораблем “Союз–Т”, на котором полеты в космос тогда только начинались. Только через несколько лет самодельный компьютер был заменен некоторым аналогом персонального компьютера, который стала выпускать наша промышленность.

В итоге, несмотря на несовершенство имевшейся в то время компьютерной техники и сложность задач моделирования, при слаженной работе психологов и инженеров удалось создать эффективные экспериментальные средства для проведения исследований деятельности космонавтов. Разработка этих средств во многом осуществлялась под руководством и при непосредственном участии старшего научного сотрудника лаборатории психологии труда (которая в то время имела название “лаборатория специальных прикладных проблем”) В.А. Чурсинова. В создании экспериментальных установок принимали участие сотрудники как нашего института, так и других организаций, в частности, Г.И. Антонов, Н.С. Банных, А.Л. Феоктистов, А.Н. Костин, Ю.Я. Голиков, В.П. Царев, А.А. Афонский.

Не менее сложной проблемой явилось моделирование экстремальных условий космического полета. Как известно, одним из наиболее существенных эффектов влияния невесомости на деятельность и функциональное состояние человека в космическом полете являются гравитоинерционные воздействия, вызывающие укачивание или болезнь движения (кинетоз). Это приводит к сильному дискомфорту (иногда сопровождаемому тошнотой) и частичной потере пространственной ориентации. В связи с тем, что укачивание

у человека также возникает во время плавания на кораблях и называется “морской болезнью”, для моделирования такого рода воздействий был создан специальный плавучий стенд на базе крейсерской парусной яхты “Дружба”. Созданные экспериментальные установки по исследованию деятельности космонавтов при этом размещались в каютах внутри яхты.

Для того, чтобы продемонстрировать нетриivialность решенных при создании плавучего стенда технических задач, приведем такой пример. В связи с тем, что аппаратура в экспериментальных установках работала от стандартного электропитания напряжением 220 вольт, его обеспечение на борту яхты потребовало разработки специального компактного преобразователя для трансформации постоянного тока от бортовых аккумуляторов в переменный ток (ведущие функции при его создании и последующей многолетней эксплуатации опять же выполнял В.А. Чурсинов). Без этого оборудования проведение экспериментов на яхте было физически невозможно. Заметим, что в те годы такие преобразователи в СССР не выпускались, их не было даже на советских орбитальных станциях, приборы и агрегаты которых работали от источников постоянного тока с низким напряжением 27 вольт. Тем самым, как ни парадоксально, созданный плавучий стенд в определенной мере даже опережал уровень развития пилотируемой космической техники, в интересах которой и проводились исследования.

Эксперименты на плавучем стенде проводились в период с конца 1970-х до середины 1980-х годов в северо-восточной акватории Ладожского озера, которая имеет повышенную волновую активность. Для проведения экспериментов наш институт организовывал специальные экспедиции с выездом большого количества специалистов – психологов, космонавтов, инженеров, техников, моряков – на достаточно длительный срок в несколько недель или даже месяцев. Обеспечение этих экспедиций и проведение экспериментов потребовало создания стационарной базы на берегу одного из ладожских заливов (шхер) около карельского поселка Импилахти в виде экспедиционного научного городка со своей пристанью. Этот городок состоял из нескольких щитовых домиков, в которых проводилась наладка экспериментальной аппаратуры, хозяйственных построек и брезентовых палаток для проживания участников экспедиции.

В качестве еще одного экстремального фактора длительного космического полета, меняющего функциональное состояние и воздействующего на деятельность, моделировались условия, при-

водящие к сильной усталости и возможной последующей дезорганизации активности человека. В качестве таких условий был выбран режим непрерывной деятельности (РНД) с депривацией сна испытуемых в течение 72-х часов, когда испытуемые почти без перерывов (за исключением времени на еду и туалет) выполняли разные виды деятельности и психологические тесты. По мере накопления усталости и бессонницы у них возникали измененные психические состояния, которые сопровождались различными функциональными расстройствами и иллюзиями, проявляющимися в процессе деятельности. Эксперименты с использованием этого режима проводились в лаборатории психологии труда Института психологии АН СССР с конца 1970-х до начала 1990-х годов.

Масштаб проведенных многолетних экспериментальных исследований не имеет аналогов в отечественной и зарубежной инженерной психологии и психологии труда, эти исследования являются яркой страницей в истории отечественной психологии. Сложность исследуемой деятельности и моделируемых экстремальных условий её выполнения не позволили использовать традиционный для психологических исследований контингент непрофессиональных испытуемых, а потребовали привлечения специалистов, имеющих профессиональный опыт в управлении транспортным космическим кораблем и орбитальной станцией – космонавтов, инструкторов и методистов по их технической подготовке. В следующем разделе подробно описаны содержание и научные результаты исследований профессиональной деятельности космонавтов.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ АНАЛИЗА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОСМОНАВТОВ

Проведенные в 1970-е – 1990-е годы в Институте психологии РАН исследования профессиональной деятельности космонавтов были направлены на решение следующих проблем:

- психологический анализ деятельности космонавтов в процессах управления бортовыми системами транспортного космического корабля;
- повышение эффективности подготовки космонавтов к деятельности в нештатных ситуациях на тренажерах;
- психологический анализ деятельности космонавтов в режимах ручного управления движением транспортного космического корабля;

– поддержание и восстановление умений и навыков космонавтов по управлению транспортным космическим кораблем и орбитальной станцией в длительном космическом полете.

Психологический анализ деятельности космонавтов в процессах управления бортовыми системами транспортного космического корабля выполнялся авторами данной статьи – сотрудниками лаборатории психологии труда Ю.Я. Голиковым и А.Н. Костиным. Специфика указанной деятельности космонавтов заключается в том, что управление кораблем в основном осуществляется в автоматическом режиме. Однако при возникновении нештатных ситуаций из-за отказов автоматики экипаж корабля должен переходить на резервное полуавтоматическое или ручное управление. При этом нештатные ситуации могут неожиданно возникать практически в любой момент полета.

Профессиональные функции космонавтов включают управление бортовыми системами корабля, обнаружение нештатных ситуаций разного типа (расчетных и нерасчетных) и реализацию действий по их преодолению, а также обеспечение эффективности и безопасности полета. Эти профессиональные функции осуществляются на основе таких психических механизмов, как сравнение реальных и нормативных параметров систем, осмысление и интерпретация возникающих ситуаций, исполнительные действия по выдаче команд управления, анализ, планирование и принятие решений по оценке надежности и эффективности управления по количественным и качественным критериям.

Особенности этих механизмов проявляются в таких свойствах деятельности, как стереотипность процессов восприятия, принимаемых решений по оценке информации и исполнительных действий, относительная простота анализа стандартных ситуаций и планирования последующих действий, которые могут смениться высокой сложностью построения оперативных образов и концептуальных моделей, формирования гипотез о развитии ситуаций, прогнозирования их последствий, принятия нетривиальных, ответственных решений с учетом профессиональных норм, личностных ценностей, а также различных социальных факторов в нештатных ситуациях. Обобщая эти конкретные свойства, можно отметить, что в исследуемой деятельности реализуются разнообразные психические процессы – как относительно простые, стереотипные, так и очень сложные. Кроме того, данные процессы чередуются во времени достаточно непредсказуемым образом. Следовательно, принципиальными свойствами

исследуемой деятельности являются различная сложность содержания психических процессов, их качественное своеобразие и неоднородность, а также гибкость, динамичность и нестационарность. Эти свойства, как было показано в исследованиях Б.Ф. Ломова [13], в наиболее полной степени отражают механизмы психической регуляции, организующие процесс выполнения деятельности; поэтому данные механизмы и являлись предметом изучения в наших исследованиях.

В связи с ограниченными возможностями экспериментальной установки было решено моделировать режимы управления тремя постоянно действующими системами корабля: обеспечения газового состава, электропитания и обеспечения теплового режима. Назначение этих систем частично следует из их названий и заключается в обеспечении необходимого для жизнедеятельности экипажа газового состава атмосферы в жилых отсеках корабля, в обеспечении и хранении электроэнергии, в поддержании определенных температурно-влажностных режимов в отсеках корабля. Из достаточно большого количества возможных отказов в бортовых системах корабля на экспериментальной установке было смоделировано более 50-ти режимов с расчетными и нерасчетными нештатными ситуациями. Это требовало от испытуемых достаточно разнообразных профессиональных знаний и умений по управлению системами.

Основными научными результатами исследований по данному направлению явились разработка нового теоретического аппарата психологического анализа деятельности – концепции проблемностей – и оригинального методического инструментария, построенного на ее основе, – методов анализа проблемностей и таксономии межсаккадических интервалов (МСИ) движений глаз [7, 11]. Под понятием “проблемность” рассматриваются различные аспекты субъективной сложности постоянно возникающих событий, стремление к оценке и пониманию которых и обуславливает последующую деятельность человека. Соответственно, деятельность представляется как циклический процесс по формированию и преодолению проблемностей, организация которого обеспечивается механизмами психической регуляции. Для оценки степени субъективной сложности деятельности проблемности разделены на три класса – проблемные моменты (незначительные проблемности), проблемные ситуации (существенные проблемности) и проблемы (значительные проблемности). Их преодоление происходит на пяти уровнях регуляции: непосредственного взаимодействия, опосредованной координации,

программно-целевой организации, личностно-нормативных изменений и мировоззренческих коррекций.

Новизна разработанного методического инструментария заключается в следующем. В методе анализа проблемностей разработаны качественные процедуры выделения уровней регуляции деятельности по классам алгоритмов разрешения проблемностей. Метод таксономии МСИ движений глаз реализует нетрадиционный фазовый анализ движений глаз, направленный на выделение саккад, а не на регистрацию направления взгляда человека, что традиционно используется при анализе различных видов деятельности. Саккады рассматриваются как средство сканирования окружающей реальности, частота следования которых существенно зависит от субъективной сложности возникающих событий. Поэтому длительность МСИ определяется как параметр субъективной сложности деятельности, а их таксоны – как диапазоны этого параметра – связываются с пятью уровнями регуляции. Тем самым становится возможным выделение этих уровней в индивидуальной деятельности по соотношению конкретных значений МСИ с их разными таксонами. В итоге был разработан методический комплекс из качественного и количественного методов анализа, построенных на едином концептуальном основании, который позволяет получать логически непротиворечивые и взаимодополняющие результаты. Таким образом, была достигнута цель анализа разнородных и нестационарных процессов регуляции, характерных для исследуемой профессиональной деятельности космонавтов. При этом доказана практическая применимость разработанных методов для оценки деятельности и уровня профессиональной подготовленности космонавтов на тренажерах.

Исследования проблемы повышения эффективности подготовки космонавтов к деятельности в нештатных ситуациях на тренажерах проводились Н.С. Банных (в то время сотрудником РКК “Энергия”). Сложность этих проблем в основном детерминировалась большим количеством нештатных ситуаций в бортовых системах транспортного корабля, которым необходимо было обучить космонавтов. Их последовательную многократную отработку, необходимую для формирования устойчивых навыков и умений, невозможно реализовать в условиях существующих ограничений на длительность подготовки. Кроме того, неизбежно возникает опасность забывания действий в нештатных ситуациях, отрабатываемых на начальных этапах подготовки.

Научным результатом, полученным при решении этих проблем, явилась концепция психологического подобия операторской деятельности [3, 4]. Основное положение данной концепции заключается в выделении классов нештатных ситуаций, деятельность по преодолению и выходу из которых является подобной по особенностям компонентов психологической системы деятельности, разработанной В.Д. Шадриковым [14]. В качестве этих компонентов рассматривались мотив, цель, оперативный образ, прогнозирование функционирования систем, принятие решений, программа действий. Анализ сходства или различий характеристик перечисленных компонентов, актуализируемых в деятельности по преодолению разных нештатных ситуаций, и позволял оценить степень их подобия. Ситуации, между которыми существовала высокая степень подобия, образовывали определенные классы ситуаций.

Исследования, направленные на проверку положений концепции подобия операторской деятельности, проводились на той же экспериментальной установке по управлению бортовыми системами транспортного корабля, которая использовалась для изложенных выше исследований по психологическому анализу деятельности. Результаты экспериментов показали, что для нештатных ситуаций одного класса существует эффект положительного переноса навыков и умений по управлению бортовыми системами транспортного корабля. Был сделан важный вывод о том, что при подготовке космонавтов на тренажерах следует отрабатывать не все нештатные ситуации, а только наиболее характерные из них в разных классах. Тем самым будет достигаться как эффективность подготовки, так и сокращение ее длительности.

Проблемы психологического анализа деятельности космонавтов по управлению движением транспортного космического корабля исследовались для двух ручных режимов: сближения транспортного корабля с орбитальной станцией и спуска корабля в верхних слоях атмосферы. Исследования по первому режиму были выполнены Г.И. Антоновым, а по второму режиму – А.Л. Феокистовым (в то время сотрудниками РКК “Энергия”). Актуальность исследований первого режима были обусловлены недостаточной эффективностью и надежностью осуществления ручного сближения, что приводило к неудачам в процессе стыковок с орбитальными станциями в практике космических полетов. Профессиональные функции космонавтов при ручном сближении заключаются в контроле параметров движения

по инструментальной информации на средствах индикации и по визуальной обстановке – положению орбитальной станции на специальном оптическом визире, а также в управлении разворотами корабля и его перемещением в пространстве с помощью правой и левой ручек управления. Сложность выполнения этих функций во многом определяется противоречием между формальным характером показаний приборов, плоской визуальной картиной, представляющей двухмерную проекцию трехмерной внешней обстановки на экран визира космонавта, и реальным трехмерным перемещением корабля в космическом пространстве.

Реализация этих профессиональных функций обеспечивается, прежде всего, на основе формирования различных видов психических образов. В связи с тем, что именно неадекватность образов, используемых космонавтом при ручном сближении, обуславливает недостаточную эффективность и надежность деятельности, эти образы и стали предметом проведенных исследований. Для непосредственного изучения их особенностей режимы ручного сближения на экспериментальной установке моделировались с различными по сложности вариантами движения корабля и станции, а также с разным составом (полным и сокращенным) средств индикации параметров движения.

Основной научный результат, полученный в данном направлении исследований, заключался в разработке концепции образа полета пилотируемого космического корабля [1, 2]. Ее теоретической основой стали работы Н.Д. Заваловой, Б.Ф. Ломова и В.А. Пономаренко, посвященные исследованию психических образов [9, 10]. Согласно концепции, образ полета имеет два компонента – образ приборов и образ пространственного положения. Образ приборов (точнее, образ, созданный их показаниями, т.е. приборный образ) представляет собой психическое отражение параметров движения на основе различных средств индикации и во многом имеет формальный характер; в свою очередь, образ пространственного положения является содержательным представлением о непосредственных поворотах и перемещениях космического корабля в трехмерном пространстве относительно орбитальной станции.

Результаты проведенных экспериментов показали, что содержание процессов регуляции деятельности космонавтов во многом определяется характером взаимодействия двух компонентов образа полета. Доминирование образа приборов во многом основывается на восприятии положе-

ния орбитальной станции как определенного расположения меток на экране оптического визира и приводит к управлению по формальным правилам обеспечения требуемых величин параметров движения и положения этих меток. В случае доминирования образа пространственного положения управление осуществляется с опорой на понимание особенностей движения космического корабля в трехмерном пространстве относительно станции. Поэтому на дальнем участке, т.е. относительно большом расстоянии до станции (десятки и сотни метров) адекватным оказывается преимущественное использование образа пространственного положения, а доминирование образа приборов фактически не позволяет успешно реализовать режим ручного сближения – корабль просто пролетает мимо станции. В то же время на ближнем участке, т.е. на дальности нескольких метров, когда возникает дефицит времени и его не хватает на формирование пространственных представлений, адекватным становится использование образа приборов, позволяющего быстро, почти не задумываясь, осуществлять управление по формальным правилам. Следовательно, становится необходимым сочетание двух компонентов образа полета в процессе деятельности в зависимости от параметров сближения. Такое сочетание составляет основное содержание практических рекомендаций, которые радикально повышают эффективность подготовки космонавтов к режимам ручного сближения на тренажерах.

Актуальность проблем второго режима – ручного управления спуском космического корабля в верхних слоях атмосферы – была связана с его принципиальной новизной. В отличие от ручного сближения, которое происходит в реальном трехмерном пространстве, в режиме ручного спуска управление осуществляется в условном, фазовом пространстве. По своему содержанию данный режим представляет управление разворотами спускаемого аппарата вокруг продольной оси (по крену), у которого в силу особенностей аэродинамики происходит изменение угла набегающего потока и, соответственно, подъемной силы, действующей на аппарат. При увеличении этого угла спускаемый аппарат начинает планировать, а при уменьшении – зарываться в атмосферу. Некоторым аналогом рассматриваемого режима является полет плоского камня, отскакивающего от воды, если угол её касания положительный, или зарывающегося в воду в противном случае. Несмотря на то, что изменение подъемной силы происходит в относительно небольшом диапазоне (в этом смысле спускаемый аппарат мало отличается по своим аэродинамическим характе-

ристикам от камня), управление спуском позволяет снизить или даже ликвидировать возможный внеатмосферный промах (недолет или перелет), образующийся при сходе корабля с орбиты, а также обеспечить приемлемую величину перегрузок, действующих на космонавтов на этом участке полета.

В режиме спуска на дисплее перед космонавтом высвечивается спадающая опорная кривая, отражающая зависимость изменения скорости от времени, а также индикатор величины угла крена спускаемого аппарата. Его реальное движение представляется в виде перемещения точки относительно опорной кривой, причем при недолете точка начинает свое движение ниже этой кривой, а при перелете – выше кривой. Площадь между условной траекторией, описываемой точкой (на дисплее эта траектория не прорисовывается), и опорной кривой отражает величину отклонения по дальности относительно заданного района приземления. При этом наклон траектории определяет величину перегрузки на аппарат (количественно этот параметр не индицируется): чем больше наклон – тем больше он зарывается в атмосферу и тем выше перегрузка, и наоборот. Для изменения подъемной силы, действующей на спускаемый аппарат, космонавт несколько раз нажимает на одну из двух кнопок на ручке управления спуском – правую для увеличения угла крена или левую для его уменьшения. Профессиональные функции космонавтов в данном режиме заключаются в том, чтобы, измерив величину внеатмосферного промаха по отклонению реального времени входа в атмосферу от расчетного времени (в плюс или минус), управлять изменением угла крена спускаемого аппарата таким образом, чтобы площади между траекторией точки выше и ниже опорной кривой оказались примерно одинаковыми, т.к. разница этих площадей определяет точность приземления по дальности. Сложность этих функций помимо условности фазовой индикации состоит и в том, что оно происходит по двум критериям: кроме точности необходимо еще обеспечить и приемлемую величину перегрузок. Иначе говоря, траектория спуска не должна быть очень крутой. При этом ограничении высокую точность спуска обеспечить можно не всегда, особенно при внеатмосферном перелете, когда зарывание в атмосферу неизбежно.

Психологическими механизмами реализации функций космонавтов в режиме ручного спуска является мысленное построение траектории точки, визуальная оценка величины перегрузки по ее крутизне и сравнение площадей, образуемых между этой траекторией и опорной кривой, про-

гнозирование процесса спуска корабля в фазовом пространстве, принятие решений по двум качественным критериям, иногда противоречащим друг другу. Особенности указанных механизмов исследовались на экспериментальной установке, на которой режимы ручного спуска моделировались во всем диапазоне возможных условий внеатмосферного промаха. Полученные научные результаты показали, что профессионально подготовленный космонавт может вполне успешно осуществлять мысленное построение неотображаемых траекторий, проводить визуальную оценку их градиентов и сравнение скрытых графических паттернов, прогнозировать движения слабо управляемого объекта в фазовом пространстве и принимать многокритериальные решения в процессе управления. Тем самым было доказано, что не существует ограничений на возможности человека по реализации нового режима управления. Исходя из полученных результатов, были разработаны практические рекомендации по подготовке космонавтов на тренажерах. Отметим, что данные результаты были позднее подтверждены экспериментальными исследованиями, проведенными под руководством А.Л. Феоктистова, на центрифуге в Центре подготовки космонавтов, средствами которой осуществлялось моделированием реальных перегрузок, действующих на человека, в зависимости от параметров осуществляемого им ручного управления спуском.

Исследования проблем поддержания и восстановления умений и навыков космонавтов по управлению транспортным космическим кораблем и орбитальной станцией в длительном космическом полете проводились сотрудником РКК “Энергия” С.В. Бедзюком. Актуальность этих проблем обусловлена тем, что наземная подготовка к выполнению некоторых режимов управления и действий в нештатных ситуациях может проводиться задолго до полета, поэтому полученные умения и навыки с течением времени неизбежно угасают. В том случае, если режимы управления должны выполняться не в начале, а в середине или конце длительного полета, возникает необходимость восстановления соответствующих умений и навыков космонавтов, а возможность возникновения нештатных ситуаций на борту орбитальной станции в любой момент полета обуславливает требование периодического поддержания этих умений и навыков.

Научным результатом исследования данных проблем стала концепция организации тренировочных зон в длительном космическом полете [5, 6]. Понятие “тренировочная зона” определяет

форму и длительность проведения учебных занятий на борту станции и введено по аналогии с понятием “рабочая зона”, принятым в практике космических полетов и задающим выполняемый экипажем элемент программы полета. При этом тренировочные зоны могут проводиться в форме теоретических занятий, тренировок с оборудованием или на бортовых тренажерах. Основной задачей в процессе разработки тренировочных зон стала оценка целесообразности включения в состав этих зон конкретных режимов управления и нештатных ситуаций. Сложность данной задачи была обусловлена большим количеством режимов и ситуаций, а также ограниченными временными возможностями проведения тренировок на борту. Для ее решения была разработана специальная процедура классификации режимов и ситуаций на основе их многокритериального анализа. В качестве критериев анализа использовались важность режимов и ситуаций по степени влияния на выполнение программы полета, сложность деятельности при их выполнении, исходный уровень профессиональной подготовленности, степень экстремальности условий выполнения и некоторые другие.

Основные положения разработанной концепции заключались в следующих требованиях к организации обучения во время полета:

– тренировочные зоны, предназначенные для восстановления умений и навыков по выполнению режимов управления, для которых возникли длительные перерывы после окончания подготовки к ним или реальной работы с ними, должны проводиться непосредственно за 1-2 дня до их планируемого выполнения;

– тренировочные зоны, направленные на восстановление умений и навыков по действиям в нештатных ситуациях, представляющих угрозу безопасности экипажа, необходимо проводить не реже одного раза в 1–1.5 месяца.

Первое положение являлось достаточно очевидным, а второе – основывалось на результатах анализа деятельности космонавтов в реальных полетах, который выявил существенное снижение уровня подготовленности к действиям в нештатных ситуациях за этот период. Полученные результаты по организации тренировочных зон стали новым элементом программ полета орбитальных станций “Салют–6”, “Салют–7”, “Мир” и в настоящее время используются на борту Международной космической станции (МКС). Опыт применения тренировочных зон показал, что они стали существенным фактором повышения эффективности деятельности космонавтов, надеж-

ности и безопасности полетов, а в отдельных случаях реальных аварий сыграли решающую роль в их преодолении.

После длительного перерыва в начале 2000-х годов в Институте психологии РАН авторами данной статьи совместно с сотрудником РКК “Энергия” О.Н. Кукиным было проведено исследование деятельности космонавтов по управлению материальными ресурсами на МКС с использованием системы поддержки принятия решений (СППР). Профессиональные функции экипажа по управлению материальными ресурсами заключаются в размещении и перемещении в отсеках станции оборудования и грузов, поставляемых грузовыми и пассажирскими транспортными кораблями. В связи с интенсивностью поступающего грузопотока, который измеряется тысячами единиц, и ограниченным, хотя и достаточно большим объемом самой станции, осуществление управления материальными ресурсами представляет собой сложную задачу. Острота проблем управления материальными ресурсами выражается в невозможности для экипажа удобного размещения прибывших грузов или оборудования в предназначенные места хранения, а затем, при необходимости, их оперативного нахождения. В результате происходят значительные временные задержки при выполнении запланированных работ, возникают ошибки учета грузов и оборудования, уменьшается жизненное пространство космонавтов. Более того, экипажи МКС постоянно сталкиваются с потерями различных предметов, причем эти потери исчисляются несколькими сотнями единиц.

В настоящее время планирование использования материальных ресурсов в процессе полета МКС в основном выполняется несколькими рабочими группами специалистов Центра управления полетами (ЦУП). Экипаж МКС в этом планировании участия фактически не принимает, на него возлагаются только исполнительские функции по реализации разработанного в ЦУПе плана, т.е. непосредственное размещение или перемещение оборудования и грузов на борту орбитальной станции. При этом мало учитывается профессиональный опыт космонавтов и знание ими реальной обстановки на МКС.

Теоретическим основанием проведенного исследования явилось положение о том, что повышение эффективности управления материальными ресурсами может быть достигнуто за счет более активного включения космонавтов в процесс планирования и передачи им права на принятие самостоятельных решений по размещению

определенной части грузов и оборудования на станции. Для этого экипаж помимо исполнительских функций должен выполнять еще и поисково-аналитические функции по управлению материальными ресурсами МКС.

Самостоятельное планирование размещения части материальных ресурсов на станции экипажем возможно при его оснащении дополнительными информационными средствами, одним из которых может стать специализированная СППР. Ее назначение состоит в осуществлении многопараметрического поиска мест хранения требуемых материальных ресурсов и в многомерном представлении найденной информации для проведения космонавтами многокритериального анализа при планировании размещения этих ресурсов. В проведенных экспериментах использовался прототип разрабатываемой СППР, состоящей из двух подсистем: подсистемы многопараметрического поиска мест хранения материальных ресурсов и подсистемы многомерного представления данных для проведения многокритериального анализа найденных вариантов. В процессе сопоставительного анализа параметров мест хранения и материальных ресурсов использовалось несколько критериев, часть из которых имеет количественный, а часть – качественный характер, в частности, достаточность свободного объема и габаритов мест хранения, потенциальная опасность размещаемого предмета, срок годности груза, время начала использования груза или оборудования, частота использования оборудования, удобство размещения материального ресурса.

Экспериментальное исследование проводилось в лабораторных условиях, поэтому физическое перемещение оборудования и грузов по МКС в экспериментах реализовать было невозможно. Вместо этого осуществлялся их условный перенос с помощью информационной системы контроля размещения (СКР), в которой дублируется реальное перемещение на борту МКС. Таким образом, работа испытуемых по реализации на СКР планов, задаваемых с Земли, рассматривалась в исследовании как исполнительская деятельность. В то же время многопараметрический поиск и многокритериальный анализ полученных результатов при взаимодействии с СППР с последующей выработкой самостоятельного плана и его реализацией на СКР составляли содержание исследуемой поисково-аналитической деятельности космонавтов. При этом исполнительская деятельность по своему психологическому содержанию относительно простая, т.к. осуществляется с помощью психических механизмов принятия стереотипных решений при

сравнении текущего состояния СКР и задаваемого плана и реализации стандартных исполнительских действий. Поисково-аналитическая деятельность является существенно более сложной, потому что требует актуализации мыслительных механизмов обобщения информации о свойствах оборудования и грузов в процессе поиска мест их размещения на СКР и принятия нестандартных самостоятельных решений при работе с СППР. Методический комплекс анализа деятельности состоял из метода анализа проблемностей и метода таксономии МСИ движений глаз, которые были рассмотрены выше. Тем самым были выявлены как содержательные, так и количественные особенности регуляции исследуемой исполнительской и поисково-аналитической деятельности космонавтов.

Полученные экспериментальные результаты подтвердили, что поисково-аналитическая деятельность, требующая от испытуемых выполнения функций по многопараметрическому поиску и многокритериальной оценке при самостоятельном планировании, оказалась сложнее, чем исполнительская деятельность, заключающаяся в функциях нормативного характера при выполнении заданных ЦУПом планов размещения. Однако, если исполнительская деятельность реализуется в условиях ошибочного плана, динамика ее регуляции и величина субъективной сложности становятся примерно теми же, что и для поисково-аналитической деятельности.

В то же время между двумя видами деятельности сохраняется принципиальное различие в сущности регуляционных процессов и содержания возникающих проблемностей. В случае исполнительской деятельности с ошибочным планом наиболее сложные из них выражались в неопределенности при осмыслении противоречий или неточностей плана, объяснении причин невозможности его выполнения при обращении к ЦУПу, эмоциональном реагировании на ошибочные или неконкретные указания, а также в неоднозначности в оценке пределов и допустимости самостоятельных решений. В то же время в поисково-аналитической деятельности возникали неоднозначности выбора параметров поиска мест хранения и неопределенности оценки разных качественных критериев при анализе вариантов мест хранения, а также неоднозначности в оценке допустимости найденного варианта размещения требуемого груза. Таким образом, результаты экспериментов показали, что традиционная форма организации управления материальными ресурсами МКС, построенная на выполнении экипажами исполнительской дея-

тельности, действительно, как и предполагалось, является достаточно простой, однако в случае ошибочных планов размещения оборудования и грузов, задаваемых ЦУПом без учета реальных условий на борту, ее сложность значительно возрастает. Поисково-аналитическая деятельность при работе с СППР, заключающаяся в проведении многопараметрического поиска и многокритериального анализа с последующей выработкой самостоятельного плана, имеет более высокую сложность, чем исполнительская, но она позволяет избежать неупорядоченности во взаимодействии экипажей МКС с ЦУПом и по-новому организовать и повысить эффективность процесса управления материальными ресурсами.

Еще одно проведенное в институте психологическое исследование деятельности космонавтов, также выполненное нами в 2011 году, заключалось в разработке по заказу РКК “Энергия” проектных материалов по организации деятельности экипажа пилотируемого транспортного корабля нового поколения (ПТК НП). Исследование было направлено на решение инженерно-психологических проблем взаимодействия космонавтов с бортовым контуром управления разрабатываемого пилотируемого транспортного корабля [12]. Актуальность данных проблем обусловлена необходимостью создания новых подходов, принципов и средств взаимодействия экипажа с автоматикой в связи с бурным развитием компьютерных средств, с одной стороны, и стремлением разработчиков техники к максимальному повышению степени автоматизации. В связи с этим обостряется и классическая инженерно-психологическая проблема – распределение функций между человеком и автоматикой.

Исходным основанием работы явился анализ практических проблем, связанных с управлением человеком автоматизированными системами в современной авиации и космонавтике. Показано, что введение высокоавтоматизированных систем управления в этих областях техники не всегда приводит к позитивным результатам. Прежде всего, происходит вытеснение пилота и космонавта из контура управления, увеличение пассивности и умственной нагрузки вместо исполнительной нагрузки, но при этом сохраняется их ответственность за безопасность полета. При возникновении нештатных ситуаций оператор не может быстро перейти от пассивного состояния к активному и выполнить необходимые действия.

Научным результатом проведенного исследования явилась адаптация разработанных ранее методологических подходов к решению инже-

нерно-психологических проблем проектирования и эксплуатации сложной техники и принципа взаимного резервирования оператора и автоматики к особенностям функционирования и управления проектируемым ПКТ НП. Эти подходы и принцип созданы с учетом ограничений существующих подходов к человеку и технике и необходимости отражения новых особенностей научно-технического прогресса – процесса усложнения техники, появления ее новых классов, предъявляющих новые требования к разработчикам при проектировании, к деятельности операторов и персонала управления на этапе эксплуатации и к специалистам, изучающим “человеческий” фактор.

На основе предлагаемых теоретических положений были разработаны рекомендации по распределению функций между космонавтами и автоматикой, выбору степени автоматизации штатных и резервных режимов управления для ПТК НП, а также определены требования к выбору степени автоматизации режимов управления в разных видах нештатных ситуаций (расчетных, нерасчетных и непредвиденных). Кроме того, исходя из особенностей режимов управления с разной степенью автоматизации, разработаны рекомендации по формированию интерфейсов космонавтов, определены возможные способы представления информации и содержание основных команд управления.

Отдельной проблемой, решаемой в работе, стала разработка рекомендаций по формированию средств поддержки деятельности космонавтов в режимах управления. Для этого был проведен подробный анализ создания отечественных и зарубежных систем поддержки принятия решений в разных областях науки и техники. Описаны составляющие комплекса средств поддержки экипажа ПТК НП, вытекающие из принципиальных особенностей сложной техники.

На заключительном этапе работы выделены новые проблемы проектирования и эксплуатации крупномасштабных технических объектов и разработаны рекомендации по их решению для модификаций ПТК НП, учитывающие повышение автономности космических полетов. К ним относятся проблемы потенциальности при управлении объектом, то есть прогнозирования и раскрытия потенциальных свойств сложного объекта как на этапе его проектирования, так и на этапе эксплуатации; изменения отношений между специалистами, принимающими участие в создании и эксплуатации данных объектов, а также обеспечения новых требований к профессиональной подготовленности специалистов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные в Институте психологии РАН исследования деятельности космонавтов беспрецедентны по своему масштабу в истории отечественной и зарубежной инженерной психологии. Этот масштаб определялся как спектром решаемых проблем, так и уникальными средствами в виде созданных экспериментальных установок и условиями проведения исследований, имитирующих воздействие факторов космического полета: состояние укачивания при плавании по Ладожскому озеру во время волновой активности на экспериментальном стенде на базе парусной яхты и режим непрерывной трехсуточной деятельности без сна.

В процессе исследований получены научные результаты, позволяющие продвинуться в решении проблем психологического анализа деятельности космонавтов по управлению бортовыми системами в режимах ручного управления движением транспортного космического корабля, повышения эффективности их подготовки к деятельности в нештатных ситуациях на тренажерах, поддержания и восстановления умений и навыков космонавтов в длительном космическом полете. Относительно недавно проведены исследования, направленные на повышение эффективности деятельности космонавтов по управлению материальными ресурсами на Международной космической станции с использованием системы поддержки принятия решений, а также осуществлена разработка проектных материалов по организации деятельности экипажа пилотируемого транспортного корабля нового поколения. Практическая значимость представленных результатов указывает на необходимость продолжения и соответствующего обеспечения проводимых в нашем институте исследований в области пилотируемой космонавтики.

В то же время полученные научные результаты внесли большой вклад в развитие теоретических представлений о различных психических процессах, обеспечивающих профессиональную деятельность, а также методического инструментария для ее анализа. Это включает более глубокое понимание механизмов психической регуляции деятельности и проявления их уровневых особенностей в проблемностях разных классов и саккадических движениях глаз; выявление различных компонентов пространственных образов; выявление психологического сходства между разными видами деятельности; изучение особенностей визуальной оценки и прогнозирования изменения графических паттернов; многокрите-

риального принятия решений; формирования и угасания профессиональных умений и навыков; особенностей регуляции исполнительской и поисково-аналитической деятельности при работе с СППР; разработку новых решений классической проблемы распределения функций между человеком и автоматикой, а также принципов создания средств поддержки деятельности. Многие из этих результатов позднее стали основой новых концептуальных построений для анализа различных видов сложной профессиональной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов Г.И. Динамика психического образа и помехоустойчивость оператора // Психологические проблемы деятельности в особых условиях. М.: Наука, 1985. С. 153–168.
2. Антонов Г.И. Оптимизация деятельности космонавта на основе психологического анализа образа полета: Дисс. ... канд. психол. наук. М., 1985.
3. Банных Н.С. Вопросы оптимизации процесса подготовки операторов к деятельности в аварийных ситуациях // Психологические проблемы деятельности в особых условиях. М.: Наука, 1985. С. 196–206.
4. Банных Н.С. Проектирование процесса профессиональной подготовки операторов к деятельности в аварийных ситуациях: Дисс. ... канд. психол. наук. М., 1985.
5. Бедзюк С.В. Анализ методов сохранения и восстановления профессиональных навыков операторов в процессе эксплуатации технических комплексов в особых условиях // Психологические проблемы деятельности в особых условиях. М.: Наука, 1985. С. 222–230.
6. Бедзюк С.В. Проектирование бортового комплекса технических средств общения космонавтов в условиях длительного космического полета: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1985.
7. Голиков Ю.Я., Костин А.Н. Психология автоматизации управления техникой. М.: Изд-во "Институт психологии РАН", 1996.
8. Дикая Л.Г. Вклад Института психологии Российской академии наук в развитие космической психологии // Национальный психологический журнал. 2011. № 1 (5). С. 78–84.
9. Завалова Н.Д., Ломов Б.Ф., Пономаренко В.А. Экспериментально-психологические исследования в авиации и космонавтике. М.: Наука, 1978.
10. Завалова Н.Д., Ломов Б.Ф., Пономаренко В.А. Образ в системе психической регуляции деятельности. М.: Наука, 1986.
11. Костин А.Н. Анализ и проектирование сложной операторской деятельности на основе оценки уров-

ней психической регуляции (для операторов автономных технических комплексов): Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1989.

12. *Костин А.Н., Голиков Ю.Я.* Разработка материалов технического проекта в части инженерно-психологических рекомендаций по распределению функций между космонавтами и взаимодействию экипажа с бортовым контуром управления пилотируемого транспортного корабля // Отчет о научно-исследовательской опытно-конструкторской работе. № госрегистрации 01201173640. М., Институт психологии РАН, 2011.
13. *Ломов Б.Ф.* Теоретические и методологические проблемы психологии. М.: Наука, 1984.
14. *Шадриков В.Д.* Проблемы системогенеза профессиональной деятельности. М.: Наука, 1982.

RESEARCHES OF COSMONAUTS' PROFESSIONAL PERFORMANCE: ANALYSIS AND ACHIEVEMENTS

A. N. Kostin*, Yu. Ya. Golikov**

**Sc.D. (psychology) leading researcher of laboratory of Work and Organizational psychology, Federal State-financed Establishment of Science, Institute of Psychology RAS, Moscow;*

***Sc.D. (psychology), leading researcher of Laboratory of Work and Organizational psychology Federal State-financed Establishment of Science, Institute of Psychology RAS, Moscow*

The article describes the content and the main scientific results of years of researches of cosmonauts' professional performance conducted in the Institute of Psychology RAS at different times. The background of these researches conditioned by spaceflight practices is shown. The description of the experimental tools and unusual conditions of the researches is presented. The great practical significance of the results for improvement of training of cosmonauts on Earth and in the long space flights, as well as for designing of the new manned spacecraft is shown.

Key words: cosmonaut's performance, mental regulation, problemacity, similarity of performance, flight image, anticipation, training zones, decision support, design of cosmonaut's interaction with onboard control loop.