

ПОДГОТОВКА КОСМОНАВТОВ НА САМОЛЕТАХ-  
ЛАБОРАТОРИЯХ В УСЛОВИЯХ  
НЕВЕСОМОСТИ  
К ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КОСМОСЕ

*Е. В. ХРУНОВ, И. Ф. ЧЕКИРДА, И. А. КОЛОСОВ*  
(Москва)

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТОВ

Основной задачей подготовки космонавтов к профессионально-трудовой деятельности в космосе является оптимизация взаимодействия человека с различными конструкциями космических кораблей. Естественно, что соблюдение тождественности условий тренировок и реального выполнения работ создает наибольшую гарантию надежности и эффективности действий человека в космосе. Уже при подготовке первых космонавтов к полету на корабле «Восток-1» значительное место занимали тренировки на невесомость, проводившиеся на специальных самолетах с целью выявления воздействия фактора невесомости как непосредственно на организм человека, так и опосредованно на его трудовую деятельность. Важность этих исследований обусловлена целым рядом обстоятельств. Например, при выполнении работы в свободном космосе развитие космонавтом несоразмерной скорости при отталкивании от опоры может привести к травме. Недостаточный уровень адаптации и индивидуальная непереносимость воздействия факторов космического полета чревата утратой работоспособности, так как условия существования становятся для организма пессимальными.

Начальный период освоения космического пространства характеризовался изучением простейших (психофизиологических) форм взаимодействия между организмом космонавта и необычной средой обитания и выяснением вопроса о возможности жизнедеятельности человека в условиях невесомости. Практика космических полетов кораблей «Восток-1, 2, 3, 4, 5, 6» и «Меркурий» доказала возможность жизнедеятельности, но в этих полетах трудовая деятельность в космосе не имела ведущего значения. В соответствии с этим тренировки космонавтов на невесомость перед космическим полетом проводились с целью ознакомления с условиями невесомости, выяснения возможности простейших бытовых действий (прием пищи, воды) и некоторых рабочих операций (ведение радиосвязи, одно- и двухкомпонентные целевые движения), а также изучения психофизиологических реакций на перемежающиеся воздействия перегрузок и невесомости. Переходный период освоения космического пространства характеризовался изучением сложных форм физического взаимодействия, таких, как пребывание и перемещение космонавта внутри и вне корабля (полеты «Восход-1, 2»). Успешный выход космонавта А. А. Леонова в космос открыл двери в сегодняшний

этап освоения космоса, когда, наряду с продолжением изучения психофизиологического и физического взаимодействия, основное внимание уделяется активной профессионально-трудовой деятельности космонавтов внутри и вне космических кораблей с применением специального снаряжения (скафандры, ранцы и т. п.), оборудования и инструмента.

Качественное усложнение программ космических полетов привело к необходимости изыскания новых адекватных методов тренировки космонавтов в наземных условиях. Поставленные задачи наилучшим образом позволяли решать полеты на невесомость на самолетах-лабораториях.

Практика работ на летающих лабораториях позволила выработать наилучшую форму организации учебно-тренировочного процесса. Тренировки проводились бригадой обеспечения, в которую входили специалисты различных профессий, в том числе врачи и методисты. Подобное объединение специалистов позволило решать многоплановые задачи по оптимизации системы космонавт — конструкции космических кораблей. В процессе тренировок производилась регистрация различных двигательных и вегетативных реакций. На видеоиндикаторы выдавались показатели жизненно важных функций в цифровых величинах, что позволяло контролировать и своевременно корректировать ход тренировок. Правильность принятого направления подтвердила практика успешного выполнения заданий космонавтами в реальных условиях космического полета.

В ходе разнообразных испытательных и исследовательских работ были выработаны определенные инженерно-психологические требования к конструкциям космических кораблей. Так, например, в связи с выполнением работ в открытом космосе в спецснаряжении необходимо стремиться к минимизации физических усилий и приспособлению систем космических кораблей к антропометрическим, физиологическим и биомеханическим возможностям человека. Большое значение имеет изыскание наилучших способов выполнения рабочих операций.

В ходе тренировочного процесса необходимо учитывать динамику работоспособности космонавтов и степень освоения ими новых (оптимизированных) двигательных навыков. Эти исследования полностью себя оправдывают на практике, так как при обеспечении надежности выполнения программы работ в реальных условиях космоса доминирующее значение приобретает работоспособность космонавтов, прочность и динамичность рабочих навыков и рациональное построение рабочих операций применительно к конструкциям космических кораблей.

## 2. МЕТОДИКА И СОДЕРЖАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРЕНИРОВОК

Возможности летающих лабораторий позволяют производить работы следующих типов:

- 1) отработку методик тренировок космонавтов в соответствии с особенностями предстоящих космических полетов;
- 2) отработку на макетных отсеках оптимальных способов выполнения рабочих пилотажных операций применительно к типовым космическим кораблям;
- 3) проведение космонавтами испытаний специального оборудования, агрегатов, инструментов;
- 4) работы по рациональному согласованию человека и технических систем (изменение конструкций в соответствии с требованиями антропотехники и биомеханики, а также изменение способов выполнения рабочих операций применительно к конструктивным особенностям космических кораблей);
- 5) проведение ознакомительно-тренировочных полетов космонавтов на невесомость с целью общего ознакомления и изучения индивидуальных психофизиологических реакций в экспертно-прогнозическом плане;
- 6) проведение тренировок космонавтов на макетных отсеках космических кораблей для выработки навыков профессионально-трудовой деятельности в невесомости.

В отношении последнего типа работ следует оговориться, что космонавты приступают к нему только после прохождения ряда этапов наземной и летной подготовки. В наземную

подготовку входят: общая физическая, специальная вестибулярная и теоретическая подготовка к невесомости. Такая системность учебно-тренировочного процесса необходима для выработки прочных навыков профессионально-трудовой деятельности и отсутствия срывов приспособительно-компенсаторных возможностей организма при выполнении трудоемких заданий на заключительном этапе тренировки.

В ходе заключительных тренировок космонавт отрабатывает следующие виды работ:

- 1) проведение научно-технических экспериментов;
- 2) подготовительные операции внутри корабля по выходу в открытый космос;
- 3) надевание и снятие спецнаряжения;
- 4) выход в открытый космос (шлюзование, выход через люк шлюзовой камеры, отход и подход к люку на страховочном фале — «Восход-2»);
- 5) передвижение в открытом космосе (переход из корабля в корабль, транспортировка грузов);
- 6) монтажно-демонтажные и ремонтные работы в открытом космосе;
- 7) действия космонавтов в особых случаях (невозможность самостоятельного передвижения, отказ системы жизнеобеспечения и т. п.).

Во время выполнения этих видов работ особое внимание обращается на рационализацию систем космического корабля, удобство размещения оборудования и крепления приборов и инструментов, фиксацию космонавтов при работе, удобство рабочей позы, досягаемость ручек управления, оформление интерьера помещений, соответствие спецнаряжения физиологическим, биомеханическим и антропометрическим особенностям человеческого организма.

Специфические условия космического пространства и в особенности состояние невесомости существенным образом усложняют трудовую деятельность. Условия, в которых она осуществляется, неодинаковы, и работы могут быть классифицированы следующим образом:

- а) работы внутри и вне корабля;
- б) в спецнаряжении и без него;
- в) в спецнаряжении при избыточном давлении и при нормальном;
- г) на рабочем месте и вне его;
- д) при достаточной или недостаточной фиксации и в беспорядочном положении;
- е) вне корабля, с использованием средств передвижения и без них.

Только всесторонний анализ обрабатываемых рабочих операций в соответствии с их характером, типом, видом и условиями выполнения позволяет оптимально строить учебно-тренировочный процесс с учетом индивидуальных особенностей космонавтов и уровня их подготовленности на этапах тренировок.

### 3. ВОПРОСЫ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ КОСМОНАВТОВ

Профессионально-трудовая деятельность космонавта очень многопланова, и различные работы могут быть классифицированы по характеру, типу и виду на исследовательские, испытательные и тренировочные. В ходе полетов на невесомость работа часто носит смешанный характер, когда тренирующийся космонавт выступает одновременно в роли исследователя и испытателя различных систем, например при тренировках космонавтов на самолетах-лабораториях к полетам на космических кораблях «Восход-2», «Союз-4, 5». Это значительно повышает ценность получаемых результатов и позволяет решать одну из труднейших проблем инженерной психологии — учет индивидуальных особенностей организма при его взаимодействии с техническими системами. В соответствии с особенностями космонавтов внеслись изменения в компоновку оборудования, конфигурации и габаритные размеры конструкций, совершенствовались способы выполнения рабочих операций, изменялась последовательность действий.

Работа человека в космосе представляет собой новый вид трудовой деятельности, которая осуществляется в необычных условиях, когда защитно-приспособительные возможности организма должны, с одной стороны, обеспечить физическую и умственную работоспособность и, с другой стороны, компенсировать влияние на организм необычных условий внешней среды. При этом огромное значение имеет надежность космонавта при взаимодействии с техническими системами. Практика подготовки космонавтов на самолетах-лабораториях показала, что успешность трудовой деятельности и уменьшение вероятности ошибок работающего космонавта зависит от следующих основных причин:

1) переносимости космонавтами необычных условий внешней среды и степени адаптации к ней;

2) степени удобства использования и рациональности конструкций, технических систем в соответствии с требованиями анротехники, биомеханики и инженерной психологии;

3) выбора оптимальных способов выполнения рабочих операций и минимизации трудовых затрат;

4) прочности и динамичности профессионально-трудовых навыков космонавтов.

Для суждения о переносимости космонавтами перемещающегося воздействия перегрузок и невесомости, а также комплексного воздействия невесомости и угловых ускорений нами были разработаны специальные таблицы, по которым оценивалась степень адаптации космонавтов к невесомости, уровень работоспособности, степень освоения двигательных навыков. На основе этих оценок давались рекомендации по построению тренировок на заключительном этапе с учетом индивидуальных особенностей организма.

Осуществление в полетах на невесомость трудовой деятельности предъявляет к организму космонавта повышенные требования в плане функционирования различных систем, которое характеризуется рядом переходных состояний и максимальным напряжением компенсаторно-приспособительных механизмов. В конечном результате происходит адаптивная перестройка функций, обеспечивающая успешную деятельность в экстремальных условиях. Само собой разумеется, что характер деятельности в значительной мере влияет на уровень напряжения компенсаторно-приспособительных механизмов и несоответствие приспособительных возможностей тяжести совершаемых работ может привести к ухудшению надежности космонавта.

В связи с этим возникает необходимость оценки различных видов трудовой деятельности по тяжести и соответственно по присущей космонавтам надежности их выполнения. Такая оценка может иметь в своей основе опыт классификации земных работ [1] и будет выглядеть следующим образом:

А. Работы внутри космического корабля.

1. Одиночные рабочие операции в условиях достаточной фиксации и отсутствия ограничений подвижности космонавта спецснаряжением.

2. Комплексы рабочих операций, выполняемые в условиях достаточной фиксации и без спецснаряжения.

3. Комплексы рабочих операций, выполняемые в условиях недостаточной фиксации.

4. Комплексы рабочих операций, требующие оценки обстановки, принятия решения и выбора способа действия.

5. Комплексы рабочих операций, выполняемые в спецснаряжении в условиях недостаточной фиксации.

6. Последовательные комплексы рабочих операций, включающие согласование действий с другими космонавтами, выполняемые в спецснаряжении.

Б. Работы вне космического корабля.

1. Комплексы рабочих операций, выполняемые в спецснаряжении в меняющихся случайным образом условиях силового поля (безопорное положение).

2. Последовательные комплексы рабочих операций, включающие согласование действий с другими космонавтами, выполняемые в спецснаряжении в меняющихся случайным образом условиях силового поля.

Анализ сложности и тяжести предстоящих работ и согласование способов выполнения с реальными возможностями космонавтов на каждом этапе тренировок является одним из основополагающих принципов рациональ-

ного построения учебно-тренировочного процесса на летающих лабораториях.

В начальный период тренировок космонавты должны осваивать рабочие операции, характеризующиеся высокой степенью надежности и по мере их освоения переходить к выполнению более сложных заданий (с меньшей степенью надежности), требующих большего напряжения компенсаторно-приспособительных механизмов организма. Так, например, последовательные комплексы рабочих операций, осуществленные космонавтами Е. В. Хруновым и А. С. Елисеевым при совместном переходе из корабля в корабль в свободном космосе, следует относить к сложному виду деятельности. Космонавты выполняли целенаправленное передвижение, производили различные монтажно-демонтажные работы, научные эксперименты, киносъемку.

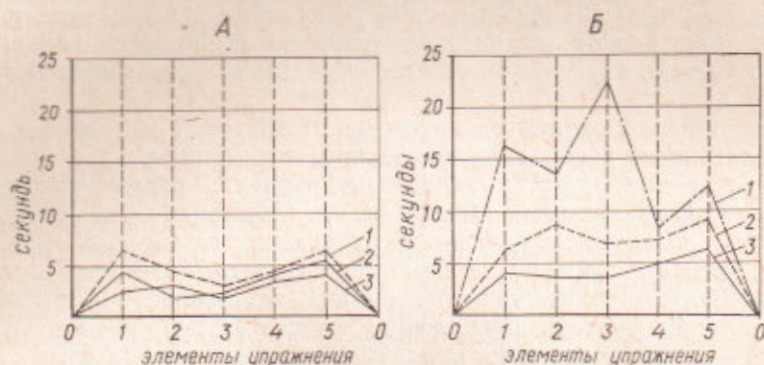


Рис. 1. Хронопрофессиограммы выполнения перехода из корабля в корабль космонавтами Е. В. Хруновым (А) и А. С. Елисеевым (Б) в начале (1), в середине (2) и в конце (3) цикла тренировок при полетах на самолетах-лабораториях. Элементы перехода (упражнения): 1. Занятие исходной позы для перехода. 2. Переход к первому поручню. 3. Переход с одного поручня на другой. 4. Переход ко второму поручню. 5. Занятие исходной позы для входа в люк орбитального отсека

Работа выполнялась в скафандрах, под избыточным давлением, что сковывало движение, затрудняло терморегуляцию и увеличивало энергозатраты из-за приложения дополнительных усилий на преодоление сопротивления оболочек скафандра, уменьшало поле зрительного обзора. Е. А. Карпов [3], анализируя деятельность экипажа корабля «Восход-2», приходит к выводу, что при всей ее сложности успех был предопределен содержанием предполетной подготовки. Е. А. Иванов и сотрудники [2], проведя сравнительный биомеханический анализ выполнения А. А. Леоновым выхода в космос на последних тренировках в летающей лаборатории при третьем отходе от корабля в реальных условиях, делают заключение, что тренировки оказали существенное положительное влияние на становление навыка управлять ориентацией и движением тела в условиях космоса. Таким образом, успешность отработки программ тренировок на самолетах-лабораториях обеспечивает высокое качество выполнения заданий в реальных условиях. При этом решающее значение имеет последовательность в освоении операций различной степени надежности.

Повышение надежности достигается также благодаря повторению упражнений до их полного освоения в режимах невесомости. На рис. 1 приведены хронопрофессиограммы выполнения перехода из корабля в корабль космонавтами Е. В. Хруновым и А. С. Елисеевым на различных этапах.

тренировочного процесса. Общим для обоих космонавтов является уменьшение времени выполнения отдельных элементов упражнения и повышение оценки за качество выполнения по мере освоения навыков при неоднократном повторении упражнения. Обращают на себя внимание значительные временные затраты на выполнение отдельных элементов и всего упражнения в целом А. С. Елисеевым в начале тренировок. Это объясняется тем, что А. С. Елисеев в отличие от Е. В. Хрунова, не имел опыта работы в невесомости. Последнее обстоятельство дополнительно подтверждает важность соблюдения вышеизложенных принципов построения тренировочного процесса. Вегетативные реакции в начальном цикле тренировок у А. С. Елисеева были более выражены, чем у Е. В. Хрунова. Время восстановления реакций сердечно-сосудистой и дыхательной систем после работы в невесомости удлинялось на 1—2 минуты по сравнению с временем восстановления реакций у Е. В. Хрунова. На заключительном этапе тренировок эти различия значительно сгладились, что было достигнуто А. С. Елисеевым за счет высокого уровня приспособительно-компенсаторных возможностей организма.

#### 4. ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАВЫКОВ В НЕВЕСОМОСТИ

В ряде исследований установлено, что отработка космонавтами действий происходит при одновременно происходящей перестройке структуры двигательных навыков применительно к условиям отсутствия веса тела [4], [5]. В ходе тренировочного процесса у космонавтов фотоциклограмметрической методикой изучалась координационная структура целевых двигательной руки различной сложности. Было установлено, что в первых полетах на невесомость координационная структура движений усложняется по сравнению с условиями обычной весомости: возрастают мышечные усилия, величины и число корригирующих сигналов из центральной нервной системы, посылаемых на периферию в ходе движения. В 4—5-м полете на невесомость структура тестовых движений приближается к таковой при обычном действии силы тяжести. Между 20—30 полетами на невесомость происходит стабилизация структуры движений, которая выражается в уменьшении прилагаемых мышечных усилий и, что особенно интересно, в уменьшении величин и числа коррекций движения по сравнению с условиями обычной весомости. Регистрация биомеханических характеристик (скорости, ускорения, усилия, мышечные моменты) в микроинтервалы времени позволила выработать объективный критерий оценки быстроты перестройки двигательных навыков при параллельном изучении трудовой деятельности в целом посредством анализа киноматериалов, хронопрофессиограмм, психофизиологических реакций, работоспособности, качества выполнения работ. Комплексная оценка деятельности позволяет выявлять трудности, возникающие при выполнении различных элементов задания, и управлять процессом формирования у космонавта устойчивого динамического стереотипа профессионально-трудовой деятельности, вырабатываемого на макетных отсеках космических кораблей в условиях невесомости.

#### 5. ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОСМОНАВТА

Накопленный опыт работы показал, что для рационального согласования космонавтов с техническими системами необходимо исходить из следующих принципов инженерной психологии:

- 1) оценивать оборудование с точки зрения удобства в работе;
- 2) скрупулезно и внимательно подходить к оценке мелочей в работе космонавта;

- 3) применять объективные методы регистрации двигательной деятельности космонавта и вегетативных реакций его организма;
- 4) оценивать работоспособность космонавта на основании комплексного анализа психофизиологических реакций и успешности выполнения задания;
- 5) оценивать экономичность работы космонавта;
- 6) прогнозировать надежность выполнения работ космонавтом в реальных условиях космоса.

Во время тренировок часто возникает вопрос, как оценить те или иные нерациональные элементы конструкций. Нам представляется разумной классификация У. Вудсона и Д. Коновера [1], согласно которой выделяются: а) нерациональные элементы, не оказывающие воздействия на деятельность; б) снижающие эффективность, но не исключают возможность выполнения деятельности; в) приводящие к невозможности выполнения деятельности; г) вызывающие аварийные ситуации.

С этих позиций оценивались различные предложения по совершенствованию конструкций при подготовке космонавтов к полету на корабле «Восход-2».

Обобщая изложенное выше, следует отметить, что анализ профессионально-трудовой деятельности космонавтов при полетах на самолетах-лабораториях позволяет на основании разработанной классификации профессионально-трудовых операций научно обоснованно строить тренировки космонавтов, что способствует дальнейшему совершенствованию и уточнению методик тренировок.

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Вудсон У., Коновер Д. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов. М., «Мир», 1968.
2. Иванов Е. А., Попов В. А., Хачатурьянц Л. С. Рабочая деятельность космонавта в невесомости и безпорном положении. Под ред. В. В. Парина, И. И. Касьяна. М., «Медицина», 1968.
3. Карпов Е. А. Психофизиологический анализ деятельности как критерий специальной медицинской подготовленности экипажа корабля «Восход-2». «Космические исследования», т. IV, вып. 3, 1966.
4. Чекирда И. Ф. Координационная структура произвольных движений человека различной сложности в условиях полета по параболе Кеплера. «Космическая биология и медицина», 1968, № 6.
5. Чекирда И. Ф. Координационная структура и фазы перестройки двигательных навыков в условиях невесомости и положительных перегрузок. «Космическая биология и медицина», 1967, № 4.

#### THE PRINCIPLES OF ENGINEERING PSYCHOLOGY WHEN TRAINING COSMONAUTS IN PLANE-LABORATORIES FOR MOTOR ACTIVITY UNDER WEIGHTLESSNESS CONDITIONS

*E. V. Khrunov, I. F. Chekirda, I. A. Kolosov*

#### *S u m m a r y*

The present paper analyses from the positions of engineering psychology an accumulated experimental evidence when training cosmonauts in plane-laboratories under weightlessness conditions for performing labour activity

in space. The forms of interaction of cosmonauts with the environment and the corresponding peculiarities of trainings are analyzed at all the stages of mastering space by man. The classification is suggested of the works performed by cosmonauts when training in weightlessness. The principles for constructing the learning-training process, as well as the principles of evaluation of the rationality of concordance of the cosmonaut with space ship constructions are put forward. The gradation is carried out of the works performed on reliability and the conditions are analyzed for increasing the cosmonaut's work reliability.

