

ОБ ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
РАБОТЫ ЧЕЛОВЕКА
В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

Г. Т. БЕРЕГОВОЙ, Н. В. КРЫЛОВА, И. Б. СОЛОВЬЕВА, Г. П. ШИБАНОВ

(Москва)

В освоении космического пространства можно выделить четыре основных этапа. На *первом* решалась задача создания технических устройств, способных преодолеть гравитационное поле Земли. На этом этапе главная роль принадлежала комплексу технических наук.

Как только эта задача была решена, появилась реальная возможность изучения проблемы существования живых организмов в условиях космического полета. Поэтому *второй* этап освоения космического пространства характеризуется широким вовлечением комплекса медико-биологических наук.

Логическим продолжением второго этапа явился этап полетов человека на автоматически управляемых космических кораблях. Полеты Ю. Гагарина и Г. Титова явились первыми в мире полетами человека на автоматически управляемых космических кораблях. Этот этап был необходим, так как в то время еще не были исследованы возможности человека-оператора в условиях космического полета. Опыт ряда первых полетов показал, что человек может не только жить, но и успешно работать в космосе.

Выход А. Леонова в открытый космос и осуществление Г. Береговым ручного управления кораблем «Союз-3» ознаменовали начало *третьего* этапа активной деятельности человека на борту космического корабля. Если развитие систем управления самолетом представляет постепенный переход от ручного управления к автоматическому, то системы управления космическим кораблем имеют противоположную тенденцию развития — от полностью автоматизированного полета к современным маневренным кораблям с ручным управлением [1].

Перспективы овладения космическим пространством требуют изучения возможностей человека по выполнению тех или иных видов деятельности, его «психологических резервов», влияния факторов космического полета на психические функции, процессы и состояния. При этом важнейшую роль начинают играть науки (*четвертый* этап), изучающие сознательную целенаправленную деятельность человека, и в первую очередь — психология [2].

Сейчас, благодаря полетам советских и американских космонавтов, стало очевидным, что человек в условиях космического полета способен решать многие задачи. Можно говорить о деятельности космонавта, как о специфическом виде трудовой деятельности человека, поставленного

в необычные и сложные условия, требующие высокой активности; повышенной готовности реагировать на внезапно возникающие неопределенные ситуации; способности переносить перегрузки, невесомость, изоляцию; владения определенной системой знаний, навыков и умений; требующие, наконец, высокой мотивированности и целенаправленности личности космонавта [3], [5], [6], [7], [8], [9].

Своеобразие деятельности космонавта определяется тем, что система «космонавт — космический корабль» более автономна, чем любая другая система «человек — машина». В силу этого космонавт должен выполнять функции и наблюдателя, и оператора, и ремонтника, и эргатического резерва системы. Отсюда вытекают повышенные требования к переключению от действий одного типа к действиям другого типа, а также к способности совмещения действий при необходимости.

Множественность функций космонавта и необходимость перехода от одних типов действий к другим усложняют оценку эффективности и контроль динамики работоспособности космонавта. Дело в том, что переход, например, от функции наблюдения за работой автоматических систем к ручному управлению требует высокого уровня готовности и работоспособности. Между тем, под влиянием факторов космического полета работоспособность человека может оказаться пониженной. Поэтому возникает необходимость как специальной тренировки космонавта в отношении переключения и совмещения действий, так и разработки методов оценки качества выполняемой деятельности и динамики работоспособности.

Оценивая качество деятельности человека в условиях космического полета, целесообразно исходить из сложившегося в инженерной психологии представления о структуре деятельности, согласно которому ее составляющими (фазами) являются:

- поиск, восприятие и декодирование информации;
- оценка ситуации по совокупности выделенных сигналов (признаков);
- формирование концептуальной модели и принятие решения;
- практическая реализация принятого решения.

Применительно к конкретным видам деятельности человека, выполняющего в системе «человек — машина» функции оператора, ремонтника или эргатического резерва, каждая из упомянутых фаз имеет свою специфику.

Для человека, реализующего функции оператора, специфика состоит в том, что на первой фазе в деятельности превалирует наблюдение за поведением управляемого объекта (например, положением в пространстве, скоростью, температурой, давлением, динамическими характеристиками наиболее важных блоков, определяющих качество процесса управления и др.) с использованием различных источников информации (визуальной, акустической, тактильной). Это требует от человека-оператора быстрого перехода от одних видов представления информации к другим и повышенного внимания, что в большинстве случаев приводит к предельной нагрузке его органов чувств и быстрому утомлению.

На второй фазе в деятельности человека-оператора преобладает анализ фактической информации, полученной от управляемого объекта или процесса, и сравнение ее с информацией, принятой за эталонную для заданного режима работы объекта или технологического режима управляемого процесса. На этой фазе наиболее трудно реализуемыми являются следующие действия:

— своевременное и правильное извлечение из памяти необходимой информации, характеризующей «идеальный» процесс управления;

— оценка сложившейся ситуации на основе сравнения совокупности признаков с соответствующей областью их ограничений (это требуется от операторов высокой профессиональной подготовки).

Комплексная оценка эффективности деятельности человека-оператора на первой и второй фазах может быть осуществлена по численным значениям одного или нескольких показателей качества реализации операции слежения, например, по среднеквадратическому отклонению ошибки слежения, по количеству максимально допустимых отклонений параметров слежения за заданный интервал времени, по дисперсии и математическому ожиданию ошибок слежения и др.

На третьей фазе специфичность деятельности оператора выражается в необходимости принятия решения о способе управления, который целесообразно реализовать в сложившейся обстановке при наличии ложной или при недостатке релевантной информации об управляемом объекте (процессе). На данном этапе эффективность работы оператора может быть оценена по времени формирования ранее неизвестного алгоритма, необходимого для управления, или по времени выбора требуемой последовательности управляющих воздействий на основе одного или нескольких частных алгоритмов из числа известных.

Специфика четвертой фазы заключается в том, что она является итоговой по отношению к предыдущей деятельности, и что ошибки, допущенные при формировании управляющих воздействий, могут свести на нет всю работу оператора, выполненную им на предыдущих фазах деятельности. Эту особенность четвертой фазы при моделировании деятельности человека-оператора в условиях стресса желательно учитывать путем придания численным критериям качества деятельности соответствующих «весов», пропорциональных «стоимости» каждой ошибки оператора, допускаемой на этой фазе и требуемому психологическому уровню его подготовки при допустимом значении вероятности ошибочного или несвоевременного формирования управляющих воздействий.

В деятельности ремонтника, обеспечивающего техническое обслуживание системы «человек-машина», первая фаза состоит из информации о состоянии контролируемой системы, которая считывается с выводных устройств (сигнализаторов, индикаторов, цифропечатающих устройств) контрольно-проверочного оборудования. На этой фазе роль человека сводится к констатации фактов: «система работоспособна» или «система потеряла работоспособность». Поиск же первичной информации, характеризующей работоспособность проверяемой системы, и ее декодирование осуществляется, как правило, автоматически.

Вторая фаза в деятельности ремонтника реализуется лишь в случае констатации факта: «система потеряла работоспособность». На этой фазе либо производится анализ дополнительной информации, позволяющий установить причину потери работоспособности проверяемой системы (или место неисправности), либо (при наличии средств для автоматической диагностики неисправностей) осуществляется анализ наиболее вероятных причин и мест неисправностей, указанных автоматом, и анализ информации, характеризующей работоспособность автоматических средств контроля и диагностики.

На третьей фазе ремонтник формулирует задачу профилактики или ремонта системы, определяет порядок восстановления работоспособности, сопоставляет время, необходимое для профилактики или ремонта, с временем, которым он располагает, определяет необходимый состав

материалов, запасных элементов (модулей, узлов, блоков), инструментов, приспособлений и приборов. В данном случае принятие решения можно сформулировать как задачу многопараметрической оптимизации, решение которой даже при отсутствии стрессовых условий представляется трудным.

Деятельность ремонтника на четвертой фазе сводится к подготовке средств ремонта (инструмента, приспособлений, приборов) к реализации плана профилактики (ремонта), сформулированного в процессе принятия решения и к последующей проверке работоспособности восстановленной системы. При этом, если причина потери работоспособности проверяемой системы была установлена правильно и правильно был реализован план профилактики или ремонта, то заключительная проверка системы покажет, что она работоспособна. Если же в результате проверки будет установлено, что подвергшаяся профилактике или ремонту система неработоспособна, то ремонтник должен вновь вернуться к первой фазе деятельности. Указанное обстоятельство позволяет сделать вывод о том, что при моделировании деятельности ремонтника в стрессовых условиях, интегральную оценку эффективности его работы целесообразно осуществлять по критерию, который бы учитывал не только сложность ремонтных операций и суммарное время восстановления потерявшей работоспособность системы, но и количество переходов от четвертой фазы к первой, поскольку в целом оно характеризует качество выполнения профилактических и ремонтных работ.

Специфика деятельности человека, выполняющего в системе «человек — машина» роль эргатического резерва, сводится к следующему. На первой фазе он воспринимает и декодирует информацию о состоянии автоматических систем, реализующих алгоритмы автоматического управления или контроля, а на второй фазе сравнивает декодированную информацию с информацией, принятой за эталонную для заданных условий и режимов эксплуатации. Если результаты сравнения оказываются в допустимых пределах, то человек, выполняющий функции эргатического резерва, возвращается с заданным периодом к реализации первой фазы своей деятельности. В этом случае его деятельность при нормальных режимах работы автоматического оборудования становится циклической и сводится к поочередному выполнению первой и второй фаз.

При выходе результатов сравнения за допустимые пределы на второй фазе дополнительно осуществляется анализ причин такого исхода. Результаты анализа используются затем на третьей фазе для принятия решения о том, какую из автоматических систем необходимо отключить, и для формирования концептуальной модели деятельности человека по переходу от автоматического к ручному режиму управления или контроля.

На четвертой фазе осуществляется практическая реализация резервных алгоритмов контроля и управления и человек, выполнявший до этого функции эргатического резерва, фактически превращается в оператора, специфика деятельности которого была описана выше.

Необходимо отметить, что в пилотируемых космических кораблях, имеющих высокую степень автономности, перечисленные виды деятельности не разграничиваются. Особенностью работы космонавта является то, что одному и тому же лицу (члену экипажа) в зависимости от конкретно сложившейся обстановки приходится выполнять функции и оператора, и ремонтника, и эргатического резерва. Естественно, что к человеку, являющемуся звеном подобных систем «человек — машина», должно предъявляться требование «универсальности». Оценка при-

годности человека к работе в таких системах должна проводиться по критериям качества, принятым для всех трех видов деятельности, причем в качестве фона должны выбираться наиболее сложные алгоритмы, присущие каждому из упомянутых видов деятельности.

По каждому из описанных видов деятельности и вытекающим из потребностей практики отдельным их сочетаниям степень профессиональной пригодности человека должна оцениваться по критериям, учитывающим его психофизиологические особенности (быстроту реакции, особенности памяти, точность сенсомоторной координации и т. д.), а также способность принимать правильные решения в сложных (аварийных) ситуациях. При этом необходимо учитывать, что эффективность работы человека зависит в основном от его психологической подготовки к действиям в аварийной обстановке.

Представляется, что оценку качества психологической подготовки человека к деятельности в условиях аварийной обстановки целесообразно осуществлять, используя три типа аварийных ситуаций, в существенной мере отличающихся по специфике и силе эмоционального воздействия на человека:

- ситуации, изученные ранее, но возникающие внезапно;
- ситуации предварительно не изученные, не осмысленные и возникающие в результате внезапного появления ранее не встречавшихся сочетаний отказов;
- ситуации, в которых возникает непосредственная угроза здоровью или жизни человека (экипажа).

При выработке критериев такой оценки необходимо учитывать своевременность выявления человеком причин, которые привели к появлению аварийной обстановки, своевременность и правильность принятия решения об отнесении данной аварийной ситуации к одному из трех указанных типов с целью формирования концептуальной модели дальнейшей деятельности, включающей оценку обстановки (создание модели внешней среды) и разработку плана деятельности, и, наконец, правильность прогнозирования развития событий и эффективности своих действий, направленных на локализацию или ликвидацию аварийной ситуации.

Моделирование указанных аварийных ситуаций целесообразно осуществлять как на тренажерной аппаратуре, сопряженной с цифро-аналоговым моделирующим комплексом и реальной системой отображения информации, на которую подаются ложные аварийные сигналы или вводятся отказы без соответствующей сигнализации, так и посредством создания физических условий, близких к реальным стрессовым с использованием в качестве средства создания эмоционально-напряженного фона такой обстановки, которая имеет место, например, при полетах на различных летательных аппаратах, покидании подводных лодок через торпедные аппараты, прыжках с парашютом и т. п.

Оценку качества профессиональной подготовки человека и его деятельности в условиях воздействия как отдельных стресс-факторов, так и их комплексов можно осуществить и в лабораторных условиях, и в условиях близких к реальным.

В первом случае производится физическое моделирование условий, при которых наступает быстрое утомление человека, или имеется острый дефицит времени, или избыток либо дефицит информации и т. д.

Во втором случае основная задача моделирования может состоять в создании адекватной эмоциональной напряженности, которая возникает в связи с переживанием опасности, при повышенной ответственности, дефиците времени, загрузке внимания и т. д. Качество работы

человека в этом случае оценивается по своевременности и точности осознанных действий [4].

Следует отметить, что оценку качества профессиональной подготовки человека при воздействии на него различных стресс-факторов рационально осуществлять с учетом психофизиологических показателей его функционального состояния, поскольку полная регистрация и своевременный анализ таких показателей позволяет сделать объективный вывод о затраченных усилиях и внутренних резервах человека.

Корреляция качества деятельности и психофизиологических показателей дает возможность прогнозировать функциональное состояние и профессиональную деятельность человека, а также его поведение в эмоционально напряженных условиях работы.

Авторы считают, что планомерное проведение комплекса исследований, лишь намеченных в настоящей статье, должно привести к созданию системы средств оперативной оценки состояния и прогнозирования качества деятельности человека в условиях стресса.

Проведение соответствующих исследований и создание такой системы является важной комплексной проблемой, требующей привлечения специалистов различных профилей, без чего успешное ее решение представляется немислимым.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Береговой Г. Т., Попов В. А., Пономаренко В. А. Человек и управление полетом. «Авиация и космонавтика», 1972, 10.
2. Горбов Ф. Д. Космическая психология. «Космическая биология и медицина», М., «Наука», 1966.
3. Денисов В. Г., Онищенко В. Ф. Инженерная психология в авиации и космонавтике. М., «Машиностроение», 1972.
4. Инженерно-психологические требования к системам управления. Отв. ред. В. П. Зинченко. М., Изд-во ВНИИТЭ, 1967.
5. Завалова Н. Д., Ломов Б. Ф., Пономаренко В. А. Принцип активного оператора и распределения функций между человеком и автоматом. «Вопросы психологии», 1971, № 3.
6. Иванов Е., Попов В., Хачатурьянц Л. Рабочая деятельность космонавта в невесомости и безопорном пространстве. «Медико-биологические исследования в невесомости». М., «Медицина», 1968.
7. Иванов Е. А., Попов В. А., Хачатурьянц Л. С., Хрунов Е. В. Человек-оператор в космическом полете. М., «Машиностроение», 1974.
8. Ломов Б. Ф. Человек и техника. М., «Советское радио», 1966.
9. Пономаренко В. А., Завалова Н. Д. Характеристики поведения летчика при усложнении обстановки полета. «Вопросы психологии», 1970, № 5.

ON THE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF HUMAN PERFORMANCE UNDER THE CONDITIONS OF SPACE FLIGHT

G. T. Beregovoi, N. V. Krylova,
I. B. Solovieva, G. P. Shibanov

Summary

Cosmonaut's activity is a highly specific kind of labour activity of man put under extraordinary and complicated conditions (overloads, weightlessness, isolation, etc.). The multiplicity of cosmonaut's functions and the necessity of switching from some types of actions to others raises sharply a question of assessing the efficiency and the dynamics of the cos-

monaut's capacity for work. The "cosmonaut—space ship" system is more autonomous than any terrestrial "man—machine" one, and that is why the cosmonaut is to perform functions of an observer, an operator, and a repairer and an ergotic reserve of the system. The complex assessment of the efficiency of human-operator's performance under the conditions of space flight should be carried out by the qualitative criteria accepted for the given kinds of activities, as well as should take into account the psychophysiological peculiarities of the operator (the speed of reactions, the precision of sensori-motor coordination, etc.) and the specific ability to make correct decisions in complicated (emergency) situations.

