

Использование тезаурус-ориентированных процедур при управлении качеством подготовки операторов социотехнических систем

О. Барабаш, А. Горский, В. Зуйко
<https://doi.org/10.31174/NT2018-158VI18-07>

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

Paper received 24.01.18; Accepted for publication 30.01.18.

Аннотация. Рассмотрены вопросы методологии обеспечения функциональной устойчивости сложных систем. Показано, что высокая сложность деятельности операторов в нештатных ситуациях связана с экспоненциальным возрастанием количества обрабатываемой информации. На основе адаптивно-тезаурусного подхода к подготовке оператора, определены методические требования к управлению качеством подготовленности оператора в условиях ограничений на сроки и объемы подготовки.

Ключевые слова: организационная социотехническая система, функциональная устойчивость, тезаурус.

Введение. Проблема обеспечения безопасности и надежности применения сложных социотехнических систем (например, функционирования пилотируемых космических комплексов, выполнения регулярных полетов авиационной транспортной системой) продолжает оставаться одной из самых актуальных и, вместе с тем, трудных для решения проблем использования сложной, управляемой человеком техники и снижения рисков чрезвычайных событий. Решение этой комплексной проблемы является одним из основных стратегических направлений деятельности большинства отраслей современной мировой экономики.

Для гарантированного обеспечения заданного уровня безопасности и надежности функционирования социотехнических систем (СТС), процессы подготовки операторов этих систем должны быть наблюдаемыми и управляемыми на всех этапах цикла подготовки и применения. Для своевременного выбора и реализации управленческих решений должны использоваться математические модели деятельности операторов СТС в нештатных ситуациях (НШС) функционирования, основанные на оценке состояний их подготовленности. Подобные модели позволили бы оценивать надежность и безопасность функционирования с учетом прогнозируемой деятельности операторов СТС и, как следствие, задавать обоснованные требования к состояниям подготовленности операторов и управлять этими состояниями в ходе подготовки к функционированию [1].

Однако, в настоящее время проблема гарантированного обеспечения необходимого состояния подготовленности операторов к применению сложных социотехнических систем, который удовлетворял бы проектным требованиям к безопасности и надежности функционирования не имеет своего решения. Поэтому всестороннее исследование процесса функционирования сложных социотехнических систем, обеспечение заданного уровня эффективности и безопасности их применения, а также устойчивости функционирования является актуальной задачей.

Основная часть

1. Проблематика определения методических требований к качеству подготовленности оператора социотехнической системы

Современная научно-методическая база (НМБ) подготовки операторов не обеспечивает возможности получения в ходе профильной подготовки на тренажерах статистических оценок вероятности безошибочного парирования операторами СТС множества всех расчетных нештатных ситуаций. Требования к качеству подготовки операторов СТС задаются, исходя из общих тре-

бований к надежности и безопасности функционирования, без учета возможности их достижения в процессе подготовки. Как общие показатели функционирования СТС, например, пилотируемого космического комплекса, используются вероятности выполнения программы полета и обеспечения безопасности полета. Вероятность парирования НШС характеризуется качеством функционирования автоматики бортовых средств управления, качеством функционирования наземного контура управления и качеством деятельности операторов. Однако, при создании СТС для подтверждения проектных требований по функционированию СТС рассчитывается соответствующая вероятность только для технических составляющих. Требования к качеству деятельности операторов (включая действия в НШС) задаются в виде вероятности его безошибочной деятельности для выполнения программы функционирования и обеспечение безопасности [2,3]:

1) оператор не должен допускать единичных ошибок, приводящих к невыполнению программы полета и / или катастрофических последствий;

2) при возникновении цепи взаимосвязанных НШС (двух или более НШС, приводящие к невозможности выполнения программы полета), оператор должен уметь обеспечить, как минимум, безопасность.

Таким образом, для обеспечения гарантированных безопасности и надежности функционирования, операторы СТС должны быть способными безошибочно (с заданной вероятностью) действовать во всех процедурных операциях и всевозможных комбинациях расчетных нештатных (и аварийных) ситуаций, предусмотренных программой функционирования.

На основании проектных требований к качеству деятельности операторов СТС сформулированы следующие методические требования к качеству подготовленности операторов СТС:

1) оператор должен быть способен (подготовлен) безошибочно с вероятностью не ниже 0,95 выполнять все предусмотренные программой функционирования штатные и резервные операции;

2) оператор должен быть способен (подготовлен) безошибочно с вероятностью не ниже 0,95 парировать все расчетные НШС;

3) оператор должен быть способен (подготовлен) безошибочно с вероятностью не ниже 0,95 парировать все расчетные аварийные ситуации (АВС), если это объективно возможно;

4) оператор должен быть способен (подготовлен) безошибочно с вероятностью не ниже 0,995 обеспечить безопасность (спасение операторов или системы в це-

лом) в случае, если по объективным причинам парировать нерасчетную АВС (обусловленную взаимодействием нескольких НШС) не представляется возможным.

Данные требования к качеству подготовленности операторов СТС содержат высокую неопределенность, и поэтому с большими осложнениями реализуются на практике. Неопределенность требований обусловлена широким разнообразием и высокой сложностью задач и функций, выполняемых операторами СТС в условиях функционирования, множеством полетных операций и НШС, которые должны реализовываться при функционировании СТС. Наибольшую тяжесть традиционно представляет подготовка операторов к деятельности в нештатных ситуациях. Несмотря на большое количество штатных и резервных процедурных операций, выполняемых операторами современных СТС, большую часть подготовки операторов составляет их деятельность в НШС. Это объективно обусловлено неопределенностью возникновения и развития НШС. Таким образом, множество возможных реализаций даже рассмотренных НШС, которые могут встретиться операторам СТС при работе, практически не ограничено. Очевидно, что многократное отработка в ходе подготовки к полету всех рассмотренных НШС в однородных условиях не представляется возможным. Методы теории вероятности и математической статистики в этом случае невозможно применить и, соответственно, невозможно получить достоверные оценки вероятности безошибочной деятельности операторов при парировании НШС. Поэтому сформулированные выше количественные требования к качеству подготовленности операторов СТС по действиям в НШС на практике оказываются нереализуемыми вследствие невозможности получения достоверных статистических показателей качества деятельности операторов.

В настоящее время подготовка операторов СТС осуществляется по типовым программам, оптимально сбалансированным для некоторого усредненного оператора.

Поэтому существующая система управления подготовкой является динамической системой с ограниченным обратным связью по текущему состоянию подготовленности операторов и относится к классу моделей «вход-выход». Подобные модели динамических систем характеризуют только внешнее поведение системы [4].

Анализ существующей технологии подготовки операторов позволил сделать вывод о том, что высокая сложность деятельности операторов СТС в НШС, связанная с экспоненциальным ростом количества обрабатываемой ими информации, в настоящее время не обеспечивается эффективными методами управления качеством подготовки операторов в условиях ограничений на сроки и объемы их подготовки.

2. Использование адаптивно-тезаурального подхода к управлению подготовкой операторов сложных социотехнических систем

Результаты анализа показывают, что противоречия существующей НМБ с невозможно решить в рамках существующей парадигмы формирования и реализации программ подготовки операторов. Это не позволяет гарантированно обеспечить поставленную перед ней цель - обеспечить необходимое качество и надежность деятельности операторов СТС в нештатных ситуациях, которые могут возникнуть при применении. Возникает проблема дальнейшего развития НМБ функциониру-

ния СТС в части эффективного управления состояниями подготовленности операторов в процессе их тренировок, построенного на принципиально иных концептуальных основаниях.

Решением данной методологической проблемы может стать использование адаптивно-тезаурального (Th-adapt) подхода к управлению подготовкой операторов. Данный подход и связанные с ним технологии основаны на переходе от традиционной динамической системы «вход-выход» к динамической системе с внутренними пространствами состояний «вход-состояние-выход».

Особенностью систем в пространстве состояний, в отличие от моделей «вход-выход», является принципиальная возможность оторванности (абстрактности) структуры и переменных модели от наблюдаемых величин в реальном мире.

Абстрактность моделей «вход-состояние-выход», что позволяет математически формализовать и интерпретировать поведение сложной динамической системы, является их несомненным преимуществом. В слабоструктурированных предметных областях, ориентированных на управление в условиях неопределенности, для идентификации и управления внутренними состояниями систем наиболее целесообразно воспользоваться стратегией адаптивного управления, когда одновременно происходит и уточнение описания системы, и управление ею.

При адаптивно-тезауральном (Th-adapt) подходе к управлению подготовкой операторов используются следующие методологические принципы [5]:

Во-первых, как модели подготовленности операторов используются состояния их тезауруса, которые представлены функциями взаимной информированности операторских структур деятельности (интроформами) операторов, которые актуализируются в процессе деятельности.

Во-вторых, содержание тренировок программы подготовки имеет индивидуализироваться в реальном масштабе времени по результатам обучения оператора (адаптироваться к достигнутому тезаурусу оператора), то есть входные воздействия (задачи) должны приводить к целенаправленного преобразования (расширение) состояний тезауруса операторов.

Реализация данных начальных методологических принципов в практике подготовки операторов требует разработки информационной технологии управления состояниями тезауруса, основанной на знаниях структур управляющих входных действий, непосредственно тезауруса и выходных характеристик деятельности. Под моделированием состояний тезауруса операторов понимается формальный процесс, включающий построение моделей управления состояниями тезауруса операторов, а также практическое применение этих моделей для управления подготовкой операторов. Основными управленческими функциями моделирования тезауруса являются: оценка текущего состояния тезауруса операторов, проектирование адаптивных управляющих воздействий на функциональную проекцию тезауруса операторов в процессе тренировок, прогнозирование будущих состояний тезауруса операторов и качества их деятельности для выбора обоснованных управленческих решений.

В Th-adapt процедурах каждый из информационных объектов структуры функциональной управленческой деятельности сам по себе является сложной структурой, состоящей из множества разнородных элементов. По-

этому к рассмотрению предлагаются три категории, подлежащих математической формализации:

- “информационного пространства входных действий” операторов для описания характеристик “входов” (кратко - пространства входов)

- “информационного пространства выходных реакций” операторов для описания характеристик “выходов” (кратко - пространства выходов)

- “состояния тезауруса” операторов (что отражает абстрактные внутренние состояния их тезауруса) для описания состояния подготовленности операторов.

Каждая из этих трех категорий может быть представлена своей особой информационной моделью, имеет свою структуру, определенную на множестве только ей присущих элементов. Причем, пространства входов и выходов относятся к объектам, с которыми взаимодействуют операторы, то есть к их окружению, включая пункты управления всех уровней иерархии. Состояние тезауруса является внутренней характеристикой оператора (или операторов СТС в целом). Он, в отличие от первых двух категорий, не может быть измеренным непосредственно, а должен определяться через отношение двух других категорий. Переменная, характеризующая пространство «входов», может быть представлена ранжированным рядом лингвистических переменных, заданных на непрерывном множестве сложностей НШС. Как количественная мера информационной сложности деятельности операторов может рассматриваться интенсивность потока информации, обрабатываемой оператором при парировании нештатных ситуаций. Качество деятельности операторов определяется функцией потерь системы “пункт управления – оператор”, что обусловлено ошибочными действиями операторов в НШС. Под тезаурусом понимается интегральное состояние внутренней понятийной информированности интеллектуальной сферы оператора, упорядоченной в результате

обучения и тренировок, и характеризующей его способность выполнять деятельность с требуемым качеством в конкретных условиях.

В такой интерпретации понятие “тезаурус” содержит определенную корреляцию с термином “профессиональная компетентность”, оказываясь связанным с условиями и результатами деятельности, и является одной из ключевых категорий в системе отношений “вход-тезаурус-выход”.

О деятельности в НШС, тезаурус оператора состоит из совокупности его многовариантной информированности о выполняемых действиях: выявление нештатных ситуаций, их распознавание, планирование и выполнение действий по выходу из нештатной ситуации, которые характеризуют его операторские функции при парировании НШС.

Такая логика не противоречит общей парадигме обеспечения функциональной устойчивости сложных динамических систем [6].

С математической точки зрения управление качеством подготовки операторов к функционированию СТС с использованием Th-adapt подхода заключается в оптимизации статистических оценок операторских навыков и умений оператора (операторов СТС), как отражение состояния тезауруса в результате его тренировок, которая заключается в минимизации функции потерь от ошибочных действий при максимально возможной сложности деятельности оператора в НШС.

Выводы. На наш взгляд применение такого подхода позволит гарантированно обеспечить заданный уровень безопасности и надежности космических полетов, и привести статистические оценки, получаемые по результатам реализации программы подготовки в соответствие с системными требованиями функционирования СТС.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Krikalev S.K., Kalery A.Yu., Sorokin I.V. «Crew on the ISS: Creativity or Determinism»//Acta Astronautica.-2010.-№66.-p.70-73.
- 2 А.Ю. Калери, М.В. Тюрин. Антропоцентрический подход к процессу принятия автономных управляющих решений экипажем пилотируемого космического корабля // Пилотируемые полеты в космос. – 2013. – №4(9). – С.36-41.
- 3 Мельников Н.С. Сожженные “Бураном”. – С.: Самара, 2009 – С.321-359.
- 4 Ляпунов А.А. В чем состоит системный поход к изучению реальных объектов сложной природы. В сб.: Системные исследования. М.: Наука, 1972, с. 72-92.
- 5 Горський О.М. Використання Th-процедур при вирішенні проблеми управління якістю підготовки операторів для забезпечення заданого рівня безпеки космічних польотів // Збірник матеріалів науково-практичної конференції “Застосування космічних та геоінформаційних систем в інтересах національної безпеки та оборони”. – К.: НУОУ, 2017. – С.122-127.
- 6 Барабаш О.В. Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем. К.: НАОУ, 2004, 226 с.

REFERENCES

- 1 Krikalev S.K., Kalery A.Yu., Sorokin I.V. «Crew on the ISS: Creativity or Determinism»//Acta Astronautica.-2010.-№66.-p.70-73.
- 2 Kalery A.Yu., Tyurin M.V. Anthropocentric approach to the process of making autonomous managerial decisions by the crew of a manned spaceship. *Manned space flights*, 2013, № 4(9), P. 36-41.
- 3 Melnikov N.S. Burnt of «Buran», 2009, P. 321-359.
- 4 Lyapunov A.A. What is the system approach to the study of real objects of complex nature. *Scientific collection «System research»*, 1972, P. 72-92.
- 5 Gorskiy O.M. Use of Th-procedures in solving the problem of quality management of the training of operators to provide a given level of safety of space flight. *Collection of scientific papers of Scientific-practical conference «The use of space and geoinformation systems in the interests of national security and defense»*, Ukraine, Kyiv, April 5-6, 2017, P. 122-127.
- 6 Barabash O.V. The construction of functionally stable distributed information systems. 2004, 226 p.

Using of thesaurus-oriented procedures in quality management of training of socio-technical systems operators

O. V. Barabash, O. M. Gorskiy, V. V. Zuiko

Abstract. Questions of the methodology of ensuring the functional stability of complex systems are considered. It is shown that the high complexity of the activities of operators in abnormal situations is associated with an exponential increase in the amount of information processed. Based on the adaptive-thesaurus approach to the training of the operator, the methodological requirements for the management of the quality of the operator's preparedness in the conditions of restrictions on the terms and volumes of training are defined.

Keywords: socio-technical organizational system, functional stability, thesaurus.