

УДК 004.5

Юрій Петрович Недайбида
Юрій Іванович Хлапонин
Юлія Валентиновна Котова

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СЛОЖНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМАХ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Постановка задачи

Под информационно-управляющими системами (ИУС) понимаются системы контроля и управления реальными объектами различной природы, назначения и сложности [2]. Невыполнение или некачественное выполнение целевых задач ИУС может привести к катастрофическим последствиям военного и государственного значения.

Принципиальные проблемы создания ИУС определяются тем, что такие системы функционируют в реальном пространстве, имеют конкретные цели управления в реальном времени. Решение задач управления происходит под воздействием объективных и субъективных

факторов, поэтому процесс выполнения системой поставленных целей становится случайным.

Сложность процесса управления в системах военного назначения обусловлено необходимостью выполнения целенаправленной совокупности операций сбора и обработки информации для принятия решений и доведения их до исполнительных объектов. Особенную сложность этот процесс имеет в тактическом звене управления Вооруженных Сил Украины за счет того, что он является общевоинским, характеризуется высокой скоротечностью и динамичностью.

Схематично функционирование ИУС можно представить в следующем виде:

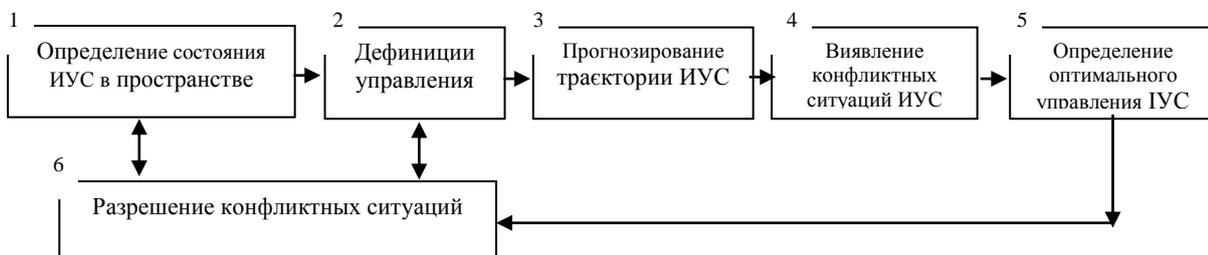


Рис.1. Основные операции управления ИУС в реальном времени

Выделим основные задачи управления, которые решаются под воздействием случайных факторов: определение положения системы в реальном пространстве; определение вида управления в реальном времени; прогнозирование состояния системы в реальном пространстве; выявление конфликтных ситуаций; определение оптимального управления в реальном пространстве и времени; распределение функций управления между человеком и техническими устройствами [5].

Обобщенно вопросы создания сложных ИУС рассматриваются в рамках теорий эргономики и эргатических систем.

Эргономика – научная дисциплина, которая изучает проблемы приспособления технических устройств к возможностям человека, основываясь на достижениях технических наук, психологии, физиологии, гигиены и социологии [4]. В

традиционном понимании, это наука о приспособлении рабочих мест, предметов и объектов труда, компьютерных программ для наиболее безопасного и эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человеческого организма. Из этого следует, что человек априори является ведущим звеном в управлении.

Под эргатической системой понимается любая реальная физическая, целенаправленная система управления, составным элементом которой является человек [3]. В исследованиях эргатических систем основное внимание уделяется процессам: анализа и синтеза структур управляющих систем; построению формальных моделей „человека”, как звена замкнутой системы управления; вопросам распределения функций между человеком и техническими устройствами; обоснованию рационального согласования

характеристик звена „человек” с техническими характеристиками системы. При этом приоритетным принимается организмический подход, который направлен на создание формальных моделей человека, участвующего в управлении. Такой подход дает возможность выявить характер взаимоотношений между элементами системы и человека с точки зрения формирования управляющего действия в системе.

Таким образом, вопросы эргономики и теории эргатических систем не затрагивают ряд принципиальных проблем создания и функционирования сложных ИУС реального времени, таких как: анализ ситуаций при функционировании системы в реальном времени; дефиниции управления системы в реальном времени; анализ в реальном времени психологических характеристик человека-оператора ИУС; выявление психологических свойств человека-оператора ИУС на этапе проектирования ИУС; дефиниции управления при решении системотехнических вопросов создания системы; предсказание (предвидения, экстраполяции) местоположения системы; прогнозирование вида управления.

Цель статьи

Предложено направление исследований сложных информационно-управляющих систем (ИУС) на основе прогнозирования (экстраполяции) возможных ситуаций, дефиниций управления и состояний эргатической системы в процессе создания и функционирования в реальном времени и пространстве, в том числе систем военного назначения.

В дальнейшем обобщенную теорию создания и функционирования ИУС будем называть *эргопрофикой*, от терминов *эрга* (*эргатика*) и *предсказание* (*Prophesy*). В этом научном направлении рассматриваются вопросы создания сложных ИУС на основе предсказания (экстраполяции) возможных ситуаций, дефиниций управления и состояний эргатической системы в процессе создания и функционирования в реальном времени.

Следует отметить, что любое действие, исходящее от биологического организма направленное на преобразование окружающей среды, начинает самовоздействовать на человека, который может чувствовать и даже контролировать такое воздействие извне. Поэтому, ошибочные или неадекватные действия человека при управлении сложными техническими устройствами могут привести к возникновению катастроф.

Под катастрофой понимается скачкообразное, непредсказуемое изменение состояний ИУС, возникающее при динамичном изменении внешних условий, как правило, негативного характера. Для изучения условий способствующих возникновению катастроф необходимо знать каким именно образом новые решения уравнений управления информационными системами отличаются от ныне известных. Ответ на такие

вопросы дает наука о бифуркациях (разветвлениях), то есть выявлении критических значений параметров уравнений управления, приводящих к новым решениям. Состояние системы в момент бифуркации является неустойчивым и бесконечно малое внешнее воздействие на параметры управления может привести к выбору непредсказуемого изменения в состоянии ИУС [1].

Отметим, что состояние развития современных технологий позволяет создавать системы и устройства с техническими характеристиками по точности и скорости функционирования, превышающими возможности человека [3]. То есть, техническая революция некоторым образом способствует возникновению конфликта между возможностями сложных технических систем и психофизиологическим соответствием человека относительно требований по их управлению. При этом актуальным остается вопрос психической готовности человека быть составным элементом сложной системы управления.

Рассмотрим некоторые проблемы влияния психологических особенностей „человека-оператора” на качество функционирования современных информационно-управляющих систем реального времени.

Одной из основных проблем создания эффективной человеко-машинной системы в современных высокотехнологических условиях заключается в поиске оптимального сочетания возможностей машины и человека.

Считается, что на человека следует возлагать выполнение функций: распознавание ситуации в целом по ее многим сложносвязанным характеристикам, а также при неполной информации о ней; обобщение отдельных фактов в единую систему; решение заданий, в которых отсутствует единственный алгоритм или нет определенных правил обработки информации; решение заданий какие требуют психической гибкости и адаптации к быстро изменяющимся условиям, особенно заданий, появление которых трудно предварительно предусмотреть; решение заданий с высокой ответственностью в случае возникновения ошибки.

Техническим устройствам следует поручать: выполнение всех видов математических расчетов; выполнение однообразных операций, которые постоянно повторяются и реализовываются по заданному алгоритму; хранение и динамическое представление больших объемов однородной информации; решение заданий для частных случаев на основе общих правил; выполнение действий, которые требуют высокой скорости реакции на команду.

Заметим, что качество выполнения человеком отмеченных функций существенно зависит от интервала времени необходимого для анализа текущей ситуации. Требования для своевременного решения заданий, которые возникают в информационно-управляющих системах настолько критичны, что их запоздалое

выполнение может привести к катастрофическим последствиям.

Человек характеризуется высокими способностями к адаптации при решении сенсомоторных и других заданий. В обработке поступающей информации принимают участие психические процессы и механизмы регуляции деятельности. Волевым качествам человека противопоставлена склонность к суггестии, то есть способность к подсознательному восприятию поступающей из окружающей среды информации без критического ее осмысления с последующим использованием в деятельности. Воздействие на человека склонного к суггестии специфическими факторами (физическими, психологическими и инструментальными) может привести к измененному состоянию сознания. В этом состоянии нарушается нормальное функционирование адаптивных и конструктивных механизмов сознания, что может приводить к трансформации личности. Состояния внушения и транса могут возникать у операторов системы „человек-машина” непроизвольно при деятельности в условиях монотонии, плохого освещения, мигающих элементах на пультах, неопределенности предоставляемой информации. При проектировании систем „человек-машина” важно исключать условия, которые способствуют возникновению у операторов состояний транса [4].

Человек, как сложная система, характеризующаяся физическими и психическими особенностями, не может работать без ошибок, которые зачастую приводят к достаточно серьезным и трагическим последствиям. Ошибки оператора-это нарушение установленных предельных значений параметров, которые вызывают сбои в нормальном функционировании эргатической системы. Ошибка является результатом действия, осуществленного неточно или неправильно, что приводит к отклонению от намеченной цели, несовпадению того, что получено с планом, несоответствие того, что достигнуто, поставленному заданию [1].

Последствия ошибок оператора разные, но во многих видах деятельности цена ошибки чрезвычайно большая. Результатом ошибки оператора может быть травма, несчастный случай, авария, катастрофа, экологическая беда. Катастрофы разнообразного масштаба, связанные с неправильными действиями операторов могут возникнуть в результате его неосторожности, частой отвлекаемости, неспособности принять верное решение в условиях цейтнота.

Основные психофизиологические состояния оператора способствующие ошибочным действиям при управлении сложными системами и могущие привести к катастрофе изображено на рис. 2.

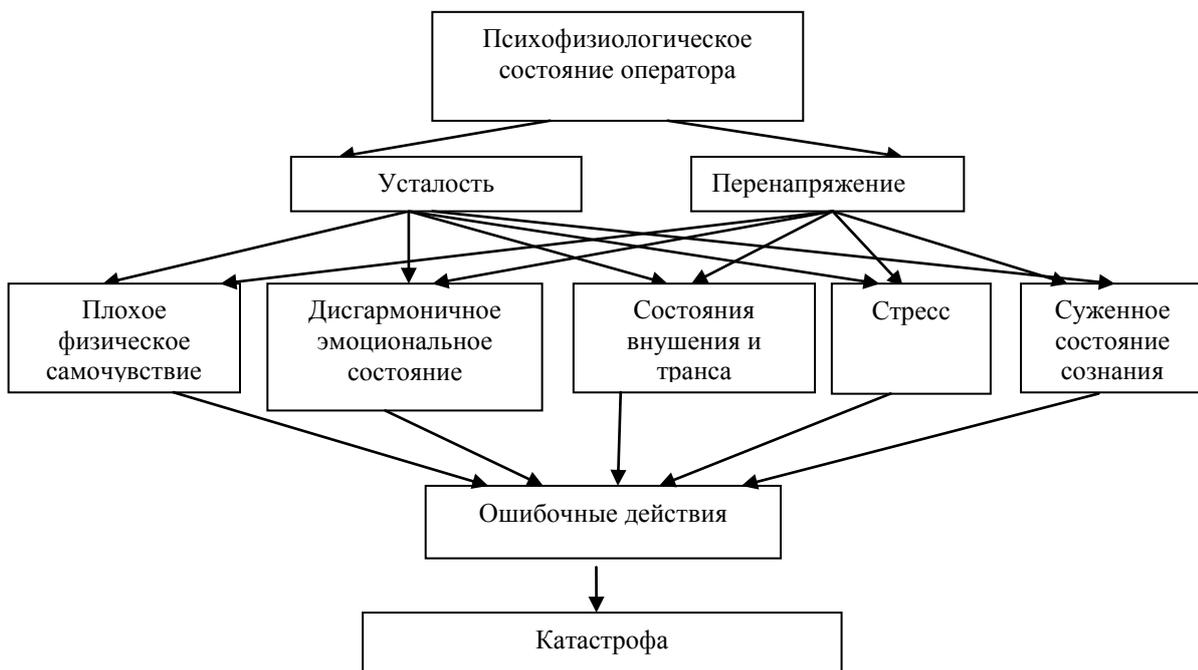


Рис. 2. Психофизиологические состояния оператора, способствующие ошибочным действиям при управлении

В деятельности оператора возможны также ошибки в виде неосознанных реакций на внезапные стимулы. Основные причины ошибок оператора связаны с плохо спроектированным рабочим местом, нарушениями в предназначенном для пользователя интерфейсе, в организации труда и отдыха, психическим и физиологическим состоянием,

ошибками в подготовке системы и оператора к деятельности.

С учетом изложенного, обобщенную модель функционирования информационно- управляющих систем целесообразно представить, используя методы теории оптимального управления, которая позволит учесть основные особенности изменения состояния ИУС – непрерывность во времени,

непредвиденные вмешательства в управление оператора или технических устройств, возможность определения оптимального или рационального управления согласно показателю качества системы [6]. Кроме того, рациональный выбор фазового пространства функционирования информационно управляющих систем на стадиях проектирования дает возможность ситуационно оценить возможное возникновение конфликтов и бифуркаций в текущем времени, которые являются основой определения и предсказания катастроф.

В достаточно обобщенном случае характер движения эргатической системы можно определить векторным дифференциальным уравнением:

$$\dot{X} = G(X, U, t), \quad X(0) = C; \quad (1)$$

где

$X = (x_1, \dots, x_n)^T$ – вектор фазовых координат;

$G = (g_1, \dots, g_n)^T$ – некоторая известная вектор – функция;

$U = (u_1, \dots, u_m)^T$ – вектор управления;

$C = (c_1, \dots, c_n)^T$ – вектор начальных условий.

Вектор управления в этом уравнении определяет технические возможности функционирования эргатической системы, которые могут быть реализованы путем выбора того или другого управления из пространства допустимых управлений U . При этом, определять вид функции управления может как человек, так и технические устройства в зависимости от ситуаций, которые складываются во времени функционирования системы.

Оценка степени достижения поставленной цели при том или другом способе управления обуславливается заданием целевой функции

$$I = F(X(t), U(t), t) \quad (2)$$

Литература

1. Забродин Ю.М., Зазыкин В.Г. Основные направления исследований деятельности человека - оператора в особых и экстремальных условиях // Психологические проблемы деятельности в особых условиях/ Под ред. Б.Ф. Ломова и Ю.М. Забродина. М.: Наука, 1985. С. 5-16.
2. Колачов С.П., Недайдба Ю.П., Драглюк О.В., Шугалий О.О. «Сучасні ергатично-системотехнічні проблеми створення інформаційно-управляючих систем військового призначення». стаття, М. Харків. Збірник наукових праць Академії Внутрішніх

В некоторых случаях целевую функцию целесообразно определять таким образом, чтобы можно было оценить качество процесса за время функционирования системы на некотором интервале времени $0 \leq t \leq T$. Тогда показателем качества управления соответствует функционалу

$$J = \int_0^T F[X(t), U(t), t] dt \quad (3)$$

Если выбранное управление приводит к конфликтным ситуациям (нарушению допустимых ограничений на управление, значений фазовых координат и др.), то для сложившихся условий определяется оптимальное управление и приоритет в принятии решения и дальнейшего управления передается техническим устройствам.

Выводы

1. Определенные в статье направления создания моделей, учитывающих требования в точности и скорости деятельности оператора дают возможность формализовать в целом процессы функционирования сложных человеко-технических систем реального времени.

2. Человеку присущи психологические свойства (эмоциональное состояние, темперамент, настроение и т. др.), которые непременно нужно учитывать при дефиниции управления информационно-управляющих систем.

3. Несанкционированное вмешательство оператора в работу системы и его ошибочные действия в процессы управления могут привести к тяжелым, а в некоторых случаях к катастрофическим последствиям.

4. Отмеченный в статье подход дает возможность ситуационной оценки возникновения конфликтов и бифуркаций в сложных информационно-управляющих системах военного назначения, четкого распределения функций управления, действий и принятия решений между оператором и техническими устройствами в реальном времени.

Військ МВС України, Вип.1(17), 2011 р. **3. Павлов В.В.** Начала теории эргатических систем. - Киев. Наукова думка. 1975. - 240 с.
4. Сергеев С.Ф. Инженерная психология и эргономика: Учебное пособие. М.: НИИ школьных технологий, 2008.176 с.
5. Грояновский, В.М. Информационно-управляющие системы и прикладная теория случайных процессов. – М.: Гелиос АРВ, 2004. – 304 с.
6. Л.С.Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: “Наука”, 1969. – 437 с

В статті розглянуті проблеми створення складних інформаційно-управляючих систем реального часу з урахуванням психічних особливостей людини як суб'єкту управління. Наданий в статті підхід дає можливість ситуаційної оцінки виникнення конфліктів та бифуркацій в складних інформаційно-управляючих системах, чіткого розподілення функцій управління, дій і прийняття рішень між оператором і технічними пристроями в реальному часі.

Ключові слова: інформаційно-управляючі системи (ІУС), ергономіка, ергопрофіка, людино-машинна система.

The article contains the problems of creation of complex information and control real time systems with consideration of the psychological features of man as subject of management. The approach noted in the article gives a possibility for situational assessment of conflicts and bifurcations in complex information and control systems, clearly defined management functions, actions and decision-making between the operator and the technical devices in real time.

Key words: information and control systems (ICS), ergonomics, ergoprofesy, human-computer system.