

Математическое моделирование

УДК 681.5

DOI:10.38028/ESI.2022.28.4.006

Антропоцентрический подход к ситуационному управлению симбиотических систем

Данеев Алексей Васильевич, Сизых Виктор Николаевич

Иркутский государственный университет путей сообщения,

Россия, Иркутск, *daneev@mail.ru*

Аннотация. В статье описывается совместное оценивание и прогнозирование функционального состояния человека-оператора и технической части системы «оператор-технический объект». Методика развивается в обобщенном с человеком варианте, и может быть использована для различных типов технических систем, включая летательные аппараты (ЛА) и другие транспортные системы, как приложение к управлению процессами в симбиотических (т.е. человеко-машинных) комплексах. На информационном уровне реализуется процедура перераспределения функций между оператором и автоматикой по интегральному показателю безопасности прогнозируемого движения объекта, величина которого определяет окончательный выбор режима ситуационного управления. Такой режим является ручным, комбинированным (с участием человека и автоматики одновременно) или автоматическим режимом.

Ключевые слова: антропоцентрический подход, ситуационное управление, симбиотическая система

Цитирование: Данеев А.В. Антропоцентрический подход к ситуационному управлению симбиотических систем / А.В. Данеев, В.Н. Сизых // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2022. – № 4(28). – С. 83-94. – DOI:10.38028/ESI.2022.28.4.006.

Введение. Создание моделей деятельности оператора (МДО) представляет собой научную проблему, имеющую важное прикладное значение в задаче синтеза структуры человеко-машинной системы (ЧМС), эргономического обеспечения. Достаточно универсальные и эффективные (адекватные) МДО пока не созданы. Это связано со сложностью структуры деятельности человека-оператора, принципиальным отличием природы его мыслительных процессов от вычислительных, не изученностью механизмов интуитивных, подсознательных и других действий человека [1].

В настоящее время существуют и общеприняты три основополагающих подходы к деятельности биотехнических систем: 1) машиноцентрический подход (человек-оператор как звено системы управления); 2) антропоцентрический подход, который предполагает информационный уровень принятия решения (информационную антиэнтропийную систему управления); 3) телецентрический подход (целесообразный), который предполагает реализацию концепции системной интеграции (объединение ресурсов и целей управления), с давних времен известная под названием супервизорного управления [1].

В основу построения функциональных моделей профессиональной деятельности человека-оператора может быть положено известное высказывание И.М. Сеченова: «Чувствование повсюду имеет значение регулятора движений». В задаче проектирования эргатических (человеко-машинных) интегрированных бортовых комплексов (ИБК) это высказывание можно переформулировать так: «Когда оператор является звеном замкнутой системы «оператор–технический объект», то он выполняет в ней роль регулятора».

Это положение в психологии изучалось с различных точек зрения. С кибернетических и физиологических позиций его рассматривали Н.А. Бернштейн и П.К. Анохин [2], с точки зрения чисто психологической регуляции – М.А. Котик [3], Саймон [4] и Смит [5]. Первое направление исследований получило название бихевиоризм. В рамках этого направления челове-

ское поведение сводится к известной цепочке «стимул – реакция» (П.К. Анохин, Н.А. Бернштейн). П.К. Анохин в 1935 г. установил факт наличия обратной афферентации – сложного, высокоорганизованного вида обратной связи.

1. Неформализованные модели деятельности человека-оператора. Расширенная схема функциональной системы П.К. Анохина, переработанная для процессов, определяющих действия летчика представлена на рис 1.

В рамках машиноцентрического подхода в процессе непрерывного пилотирования летчик в соответствии с требованиями задачи и воспринимаемыми сигналами e вырабатывает управляющие воздействия c . Действия летчика в таких условиях могут быть представлены динамической системой, описывающей последовательность трех взаимосвязанных процессов [6]: восприятие информации, ее переработку и выработку стратегии действий, отработку управляющих действий по функциональной модели (рис. 2).

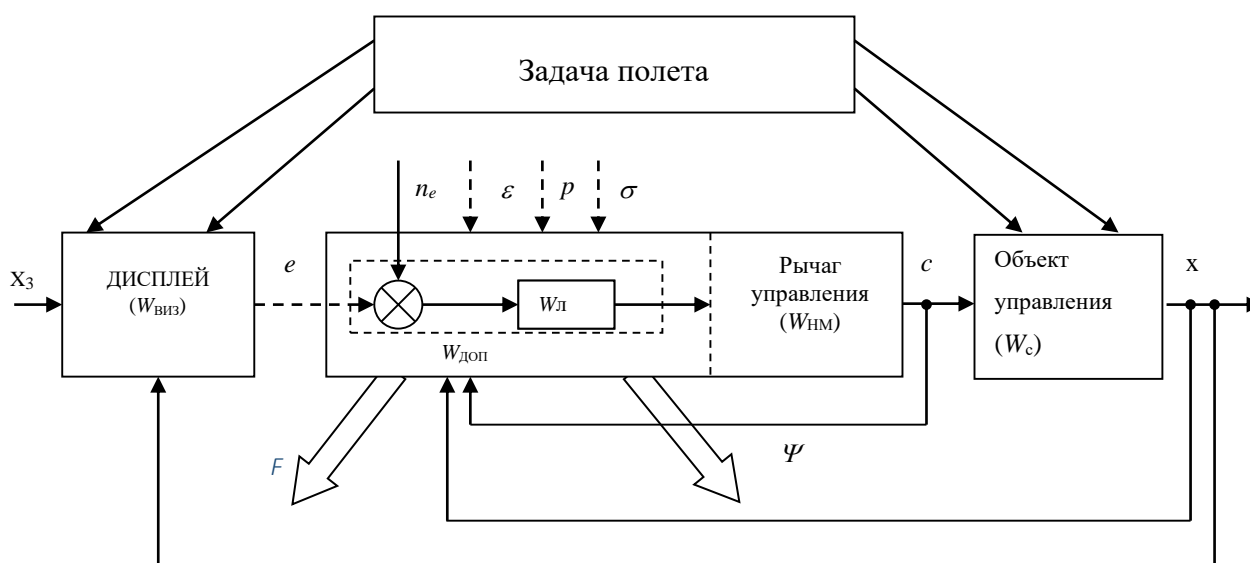


Рис. 1. Структурная схема процессов, определяющих действия летчика

Комментарии: $e = f(x_3, x, t, \Delta t)$ – командный сигнал; $\Delta t > 0$ – прогнозирование, $\Delta t < 0$ – учет переданной информации («глубина пассивной памяти»); x_3, x – входной и выходной сигналы системы «летчик–самолет»; ϵ – переменные окружающих условий (вибрация, t^0 , шум, внешняя освещенность и др.); p – процедурные переменные (программа обучения, порядок представления исследованных вариантов, инструкции); σ – внутренние переменные задачи (усталость, уровень натренированности, мотивация); F – показатели физиологической реакции (частота дыхания и пульса, кровяное давление t^0 тела, кожно-гальваническая реакция); Ψ – показатели психофизиологической реакции (субъективные оценки летчиков о процессе выполнения задачи и уровне ее сложности); n_e – сенсорные и моторные шумы

В процессе непрерывного пилотирования летчик в соответствии с требованиями задачи и воспринимаемыми сигналами e вырабатывает управляющие воздействия c (рис 1). Действия летчика в таких условиях могут быть представлены динамической системой, описывающей последовательность трех взаимосвязанных процессов [6]: восприятие информации, ее переработку и выработку стратегии действий, отработку управляющих действий по функциональной модели (рис. 2). Входным блоком здесь служит афферентный синтез, включающий восприятие входной информации (пусковой афферентации); переработку информации (оценку ситуации и параметров на основе концептуальной модели и мотивации деятельности), выработку стратегии (доминирующей мотивации), формирование образа цели.

Затем следует блок предвидения (опережающего отражения) и принятия решения. За счет предвидения (активизации на значимую задачу [3]) оператор принимает решение на прогнозирование процессов по уровням управления (визуальной обстановки, бортовых систем,

траекторный, пилотажный) через акцептор (приемник) результатов действия по схеме обратной афферентации (с обратной связью через управляющее поле кабины) или через сформированную им программу, не дожидаясь сличения результата выполненного действия с отраженным в акцепторе ожидаемым результатом (без обратной связи).

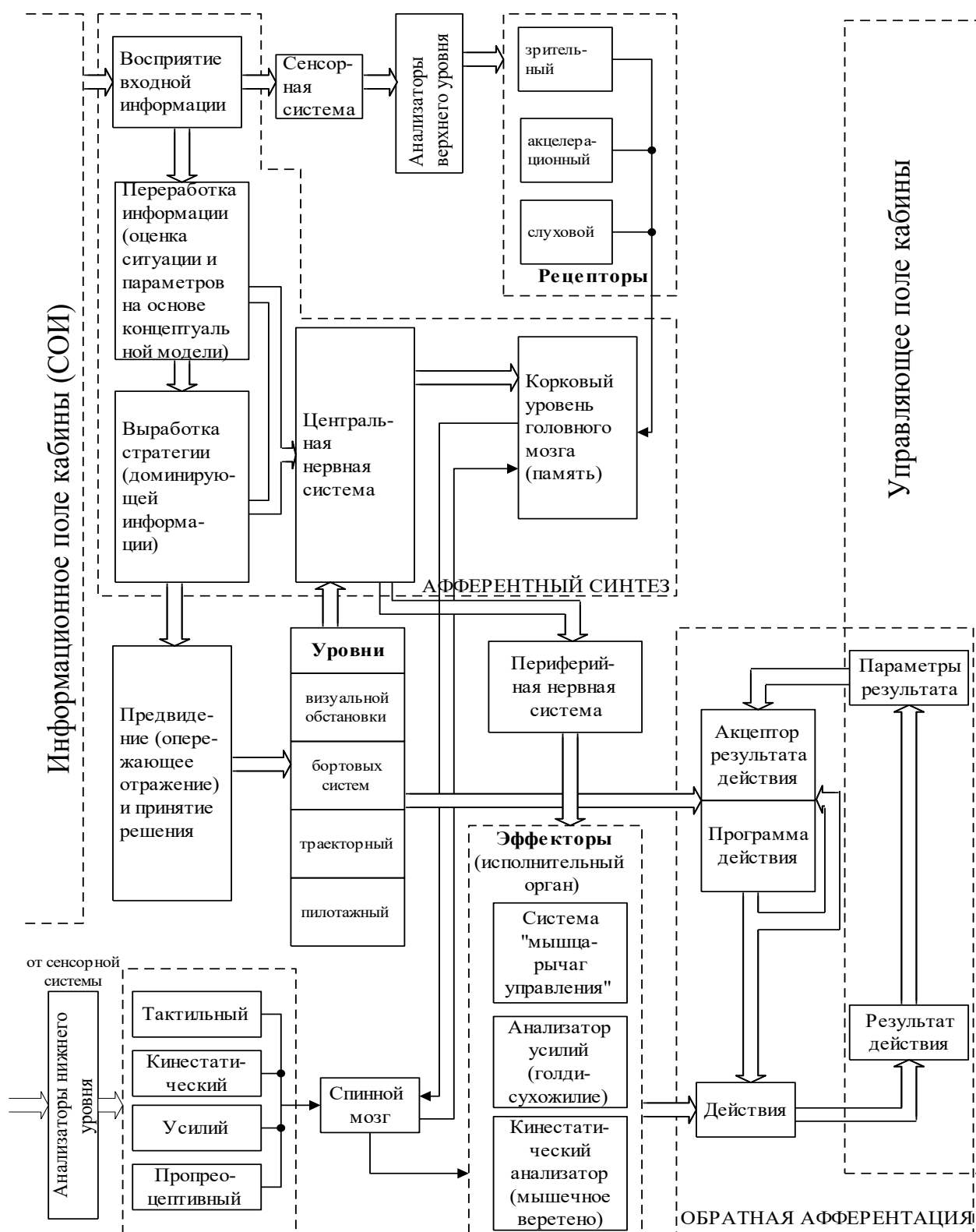


Рис. 2. Функциональная модель деятельности человека-оператора (летчика)

Восприятие информации осуществляется сенсорной системой, состоящей из совокупности анализаторов верхнего (связанных с механизмами действия центральной нервной системы (ЦНС)) и нижнего (от моторной (периферийной) нервномышечной системы) уровней. Каждый

анализатор (у человека имеется около 200 рецепторов) приспособлен к определенному виду информации (зрительный, акселерационный, проприоцептивный и др. анализаторы). Под восприятием понимаются процессы, возникающие в анализаторе от момента воздействия на него стимула (командного сигнала) до поступления стимулов в сенсорные отделы головного мозга. Обработка управляющих команд осуществляется периферийной нервно-мышечной системой через анализаторы нижнего уровня. Проприоцептивный и кинестетический анализаторы одновременно являются эффекторами (исполнительными органами) моторной системы. Процесс обработки стимулов начинается с момента поступления импульсов из моторных отделов головного мозга и заканчивается перемещением конечности вместе с рычагом управления. Центральная нервная система (ЦНС) осуществляет связь сенсорных отделов головного мозга с моторными. При передаче сигнала от одного отдела к другому принятая информация корректируется и вырабатывается стратегия управления (доминирующая мотивация). Между периферийной НС и ЦНС имеется кинестетическая обратная связь.

Таким образом, главными свойствами данной неформализованной функциональной модели оператора являются: доминирующая мотивация и оптимальность, предвидение (прогнозирование), адаптация (саморегуляция).

Второе направление исследований – когнитивная психология – изучает процессы переработки информации человеком-оператором [5]. Деятельность оператора в ЧМС здесь направлена на обеспечение надежности ее функционирования. Основное положение концепции: в самом человеке-операторе, как звене системы управления, действуют механизмы психической саморегуляции, способствующие повышению надежности его управленческой деятельности.

Под надежностью человека-оператора, осуществляющего функциональную оперативную связь между информационным и управляющим полями кабины, понимается его способность в течение заданного времени в условиях окружающей среды (внутрикабинной обстановки и метасреды) сохранять нормальное состояние жизнедеятельности и поддерживать технические параметры и заданные режимы работы систем летательного аппарата (ЛА) в установленных инструкциями пределах. Летчик в системе управления в отдельных случаях более полезное звено, чем технические системы многократного резервирования [7]. По данным американских исследователей [7], надежность работы навигационной системы, управляемой в течение двух недель оператором, оказалась больше ($P_{чмс} \approx 0,84$), чем при ее четырехкратном резервировании ($P_{нс} \approx 0,78$). Путь повышения надежности технической части системы исчерпал свои возможности и экономически не выгоден (повышение надежности с 0,99 до 0,999 влечет за собой удорожание образцов техники примерно на 30%).

Второй путь повышения надежности связан с принципиально иной стратегией проектирования более эргономически совершенной системы «летчик – ЛА – окружающая среда» через действующие в человеке механизмы саморегуляции его деятельности, т.е. через **функциональное состояние оператора**.

Подходя к человеку-оператору с формальных кибернетических позиций, можно констатировать [2], что в его организме происходит преобразование вещества, энергии и информации. Саморегуляция процессов преобразования вещества (физиологических процессов), вещества и энергии (психофизиологических процессов) описывается функциональной моделью человека-оператора П.К. Анохина (рис. 2).

Единый механизм саморегуляции процессов преобразования информации и энергии (психических процессов) рассмотрим как совокупность отдельных механизмов саморегуляции в сфере информационных и энергетических (эмоциональных процессов). Для этого воспользуемся схемой организации предметного действия в сфере информационных процессов [7], переработанной и соответствующим образом дополненной для биотехнической системы «летчик – ЛА» (рис. 3). На рис. 3 представлена функциональная модель человека-оператора в

сфере информационных процессов и основные элементы, связанные с его управленческой деятельностью: информационное поле кабины (СОИ), окружающая среда, управляющее поле кабины, система поддержки принятия решения (СППР).

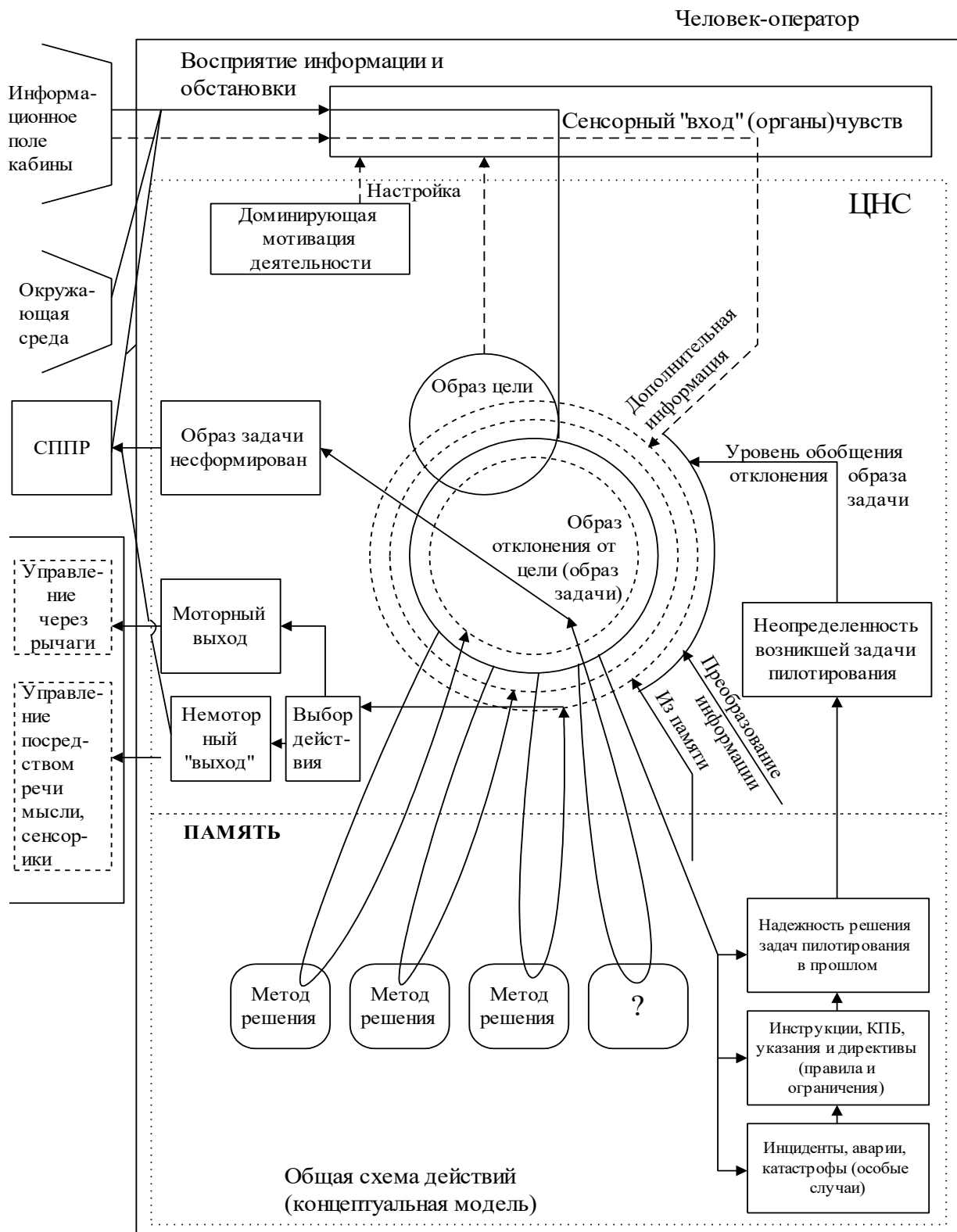


Рис. 3. Функциональная модель человека-оператора в сфере информационных процессов

В блоке «человек-оператор» выделены три главные его подструктуры – органы чувств, ЦНС, моторный и немоторный «выходы». Моторным «выходом» человека-оператора явля-

ются эффекторы (мышцы), немоторным «выходом» – сигналы от биодатчиков сенсорной системы, результаты энцефалографирования, электрокардиографирования, электромиографирования и другие параметры, несущие информацию о функциональном состоянии оператора.

По оценке функционального состояния оператора через немоторный «выход» появляется возможность:

- прямого (через картинные дисплеи) управления системой «летчик – ЛА» (например, посредством выявления и фиксации фазы принятия решения летчиком по результатам энцефалографирования);
- передачи его функций управления СППР в экстремальных ситуациях (потеря сознания, стрессовые состояния и др.) по результатам обработки информации от биодатчиков и устройств регистрации физиологических процессов. Летчик также может передать функции управления СППР в случае, когда он не успевает сформировать образ задачи, значимой по результату действия и интенсивной по смене информационных процессов.

Действия оператора направлены на достижение заданных целей пилотирования, образ которых актуализируется в его сознании в виде модели «потребного будущего» (Н.А. Бернштейн). Под влиянием этих целей и мотиваций ЦНС летчика и органы чувств настраиваются на восприятие текущей информации о параметрах объекта и на визуальную обстановку. Объединение имеющейся информации о сложившейся ситуации (по П.К. Анохину – сенсорный синтез) осуществляется с учетом прошлого опыта летчика, эмоциональных проявлений, связанных с выполнением подобных действий пилотирования.

Если существующая ситуация не соответствует желаемой цели пилотирования, то в сознании летчика формируется новый образ – образ отклонения от заданной цели (образ задачи). Образ задачи, сложившийся под влиянием потребной цели действия, обстановочной афферентации и мотивации, подсказывает оператору, что нужно ему делать. Началу выполнения действия летчика предшествует выработка в его сознании доминирующей мотивации, формирующейся по значимой внешней информации или завершеному предшествующему действию (по санкционирующей афферентации). Порядок выполнения действия оператора состоит из нескольких этапов преобразования информации:

На первом этапе (этапе идентификации задачи по прошлому опыту) образ возникшей задачи пилотирования в сознании летчика соотносится с представлением о том, насколько надежно в прошлом он решал подобные задачи.

На втором этапе летчик оценивает степень неопределенности (степень сложности для него) данной задачи относительно достижения образа цели, определяет значимость (ответственность, важность, опасность) задачи. Исходя из степени неопределенности задачи, оператор организует информационную базу для поиска ее решения (сбор дополнительных данных о ситуации, преобразование новой информации, извлечение потребной информации из памяти). Для задач с высокой неопределенностью он привлекает больший объем информации и расширяет образ задачи до более высокого уровня обобщения (штриховые окружности на рис. 3). После подготовки информационной базы в памяти оператора, исходя из прошлого опыта, происходит актуализация различных вариантов решения подобных задач и выбора такого, который представляется ему наиболее подходящим для достижения цели пилотирования.

Третий этап – реакция летчика на задачу пилотирования через эффекторы и немоторный «выход». Эта реакция уточняется по каналам обратной связи (через зрительный, тактильный, слуховой, кинестетический и другие анализаторы) по информации о ходе выполнения действия от СОИ.

Итак, сущность саморегуляции в сфере информационных процессов заключается в том, что оператор на основе представлений о собственной надежности оценивает степень неопре-

деленности поставленной задачи. Исходя из этого, он организует информационную базу задачи и доводит обобщение ее образа до такого уровня, который позволяет снять оператору эту неопределенность и найти образ цели.

Значимость поставленной перед оператором задачи имеет эмоциональную окраску. Причиной этого является тот факт, что, начиная выполнять управляющее действие, человек-оператор никогда до конца не может быть уверен в успешности этого действия. В условиях большой значимости поставленной перед летчиком задачи полета у него возникают эмоциональные реакции, проявляющиеся в эндокринных, вегетативных, мышечных и в других процессах [8], порождающие общую энергетическую мобилизацию организма.

В 1965 г. американский психолог Р. Ладарус обратил внимание на психические проявления человека при возникновении угрозы для него и его деятельности. У пилота возникают защитные реакции, направленные на предвосхищение ожидаемой опасности или снижение ее отрицательного воздействия. От возникшей угрозы активизируются различные психические проявления оператора – внимание, восприятие, мышление, память и формируется оперативный образ [7]. Поэтому можно говорить о прогностном характере деятельности оператора не только в сфере физиологических и информационных процессов, но и в сфере его эмоциональных проявлений. Именно благодаря предвидению будущей ситуации летчик не считывает показания приборов как совершенно новые, а сличает наличие показаний с образованным в сознании оперативным образом (моделью). Следовательно, он не ищет неизвестное событие, а лишь подтверждает наличие предвиденного [9].

Таким образом, механизм саморегуляции оператора в сфере энергетических (эмоциональных) процессов заключается в следующем. В значимой задаче, от решения которой зависит успех деятельности оператора, сложное, опасное и ответственное действие порождает у него эмоции и связанную с ними энергетическую мобилизацию организма. В его организме непроизвольно создается энергетическая готовность нервных структур такого уровня, который адекватен сложности, важности и опасности решаемой задачи.

Из вышеизложенного следует, что системы саморегуляции в сфере физиологических, психофизиологических и психических процессов человека-оператора имеют сходные механизмы, которые нужно рассматривать в непрерывном единстве. Такой подход к описанию природных процессов человека, в котором единый механизм деятельности оператора важнее его составляющих, отражает холистический (целостный) взгляд [10] на концепцию построения биотехнической системы «оператор – технический объект». С этих позиций ИБК как ЧМС представляет собой иерархическую систему, в которой технические компоненты подчинены более высокоорганизованной биологической субстанции – человеку-оператору и находятся в динамической взаимосвязи с ним.

2. Подходы к описанию характеристик управляющих действий оператора. Комплексная оптимизация процессов управления в ИБК ЛА предназначена, прежде всего, для решения наиболее сложных задач, в которых ответственным за выполнение полетного задания остается летчик. Обеспечение активности летчика требует решения проблемы распределения функций в системе управления [11].

Исторически первый сложившийся машиноцентрический подход к построению МДО основан на преобразовании материи и движения по принципу «стимул – реакция» (см. рис. 2). Суть подхода: оператор является регулятором (пассивным звеном управления) замкнутой системы «оператор – технический объект», действующей по определенным законам и описывающей его отдельные характерные свойства и закономерности функционирования ЦНС [6]:

- адаптируемость (от компенсаторного слежения к сопровождению и далее к предвидению);
- прогностичность (опережающее отображение оператором своей деятельности);

- выбор глобального экстремума (способность принятия решения по степени приоритета стимулов);
- оптимальность (способность наилучшим образом выполнить поставленную задачу);
- дискретность восприятия стимулов и их непрерывная (непрерывно-дискретная) обработка через органы управления;
- информационная и временная ограниченность одновременно поступающих командных сигналов;
- существенное влияние на безопасность полета физиологического и психофизиологического состояния летчика и его внутренних переменных (усталость, уровень натренированности, мотивация).

Главный недостаток этого подхода состоит в том, что он отождествляет саморегуляцию психических процессов оператора с регулирующими характеристиками системы «летчик – ЛА» (т.е. машины).

Антропоцентрический подход связан с построением МДО, учитывающих, помимо физиологических и психофизиологических характеристик, психические (информационные и эмоциональные) процессы деятельности оператора (рис. 3). В антропоцентрической системе человек-оператор является активным звеном управления, обеспечивающим надежность и безопасность функционирования замкнутой системы «летчик – ЛА» и комплексно описывающим присущие ему свойства и закономерности функционирования ЦНС. Такой подход отражает холистический взгляд на проектирование ИБК, который заключается во всестороннем учете свойств человека-оператора как равноценной части этого комплекса. При этом характеристикам человека-оператора отдается предпочтение.

Следует отметить, что в настоящее время МДО, в полной мере учитывающие функциональное состояние оператора в антропоцентрической системе, отсутствуют. В связи с этим классификация МДО осуществляется в рамках машиноцентрического подхода:

1) по характеру знаний о свойствах и структуре моделей оператора: математические модели (структура и свойства объекта известны в виде постоянных передаточных функций или уравнений состояния); имитационные модели (модели входных-выходных зависимостей);

2) по назначению: компенсационные модели (оператору предъявляется сигнал невязки между входными и выходными переменными системы); модели слежения (помимо сигнала ошибки оператор наблюдает текущее значение входного сигнала); предсказывающие модели (оператор управляет по сигналу ошибки и развертке входного сигнала в виде функции времени (непрерывного или дискретного через фиксаторы n -го порядка)); прогнозирующие модели (оператор управляет по сигналу ошибки и временным разверткам входного и выходного сигнала);

3) по способу описания характеристик оператора: линейные, нелинейные;

4) по способу оценки выходного сигнала: по спектральной плотности ремнанты (остатку, учитывающему нестационарность и нелинейность линеаризованной МДО); с помощью наблюдателей (типа наблюдателя Люенбергера и фильтра Калмана); через вероятностные распределения;

5) по способу описания процесса восприятия, переработки информации и отработки управляющих воздействий: непрерывные или дискретные;

6) по числу каналов воспринимаемой информации и количеству органов управления: одноканальные и многоканальные; одноконтурные и многоконтурные.

7) моделями импульсной характеристики и корреляционной функции остатка – во временной области.

3. Антропоцентрический подход к ситуационному управлению. Ситуационное управление антропоцентрической системой «человек-оператор – технический объект» в критических ситуациях строится на основе алгоритмов приближенно-оптимального синтеза, реализуемых в нелинейной интегрированной системе автоматического управления (ИСАУ). При формировании алгоритмов ИСАУ используются методы декомпозиции, основанные на неявном разделении движений. Для синергетического подхода [9, 12, 13] характерна естественная декомпозиция процессов управления, которая состоит в поэтапном конструировании законов управления на основе вложенных частных критериев уровней, когда синтез следующего уровня осуществляется с учетом уже синтезированной по своему критерию подсистемы предыдущего этапа. При этом изменяются характеристики некоторых контуров управления.

В качестве примера рассматривается пространственное движение ЛА на основе нелинейной математической модели пространственного движения [14], которое сводится к его разделению на поступательное (траекторный уровень) и вращательное (пилотажный уровень) движения. Это позволяет выделить в пространственном движении ЛА медленные (линейные) и быстрые (угловые) составляющие и отдельно управлять этими составляющими на траекторном и пилотажном уровнях.

Специфика задачи управления здесь будет проявляться в том, что если в качестве управляющих воздействий на траекторном уровне выбрать перегрузки, то действующие возмущения ξ будут компенсироваться через обратную связь по управлению $u = u(t, x, \xi)$. Практическая значимость идеи учета разнотемповости составляющих движения ЛА состоит в разработке методики и алгоритмов последовательной оптимизации. Таким образом, алгоритмическое обеспечение ИСАУ должно быть стратифицированным (многоуровневым) [9, 13, 15].

Сущность стратификации в проблеме создания перспективной системы предупреждения столкновений (СПС) заключается в том, что по мере перехода на более высокие уровни управления и пилотирования должны использоваться более сложные системы принятия решений при менее определенных количественных характеристиках и даже качественных командах. Реализация подобной концепции означает разработку совершенной технологии конструирования высоконадежных иерархических антропоцентрических систем «летчик – ЛА», в которых на нижнем исполнительном уровне должна использоваться система управления пилотажными характеристиками ЛА, работу которой координирует размытый автомат более высокого траекторного (командного) уровня, в свою очередь управляемый лингвистическим автоматом принятия решений верхнего уровня (информационного уровня).

Структурная схема трехуровневой нелинейной ИСАУ приведена на рис. 4. Здесь фигурными стрелками обозначены функциональные связи, характеризующие логику принятия решения (переход на ручное, комбинированное или автоматическое управления). Управляющие воздействия в виде заданных перегрузок из траекторного контура $n_{j\text{оп}} = n_{j\text{зад}}$ поступают на пилотажный уровень. Заданные перегрузки имеют ограничения на их предельно допустимые значения, в которых интегрально учитываются неконтролируемые внешние возмущения и вклады ряда физиологических параметров. Нечетко заданные функции (функции значимости $\alpha \in [0, 1]$) характеризуют взаимосвязи информационного и траекторного уровней. С их помощью, например, в СПС ЛА в воздухе определяются границы предупреждения $\alpha(t_{\text{пр}i})$ и траектории прогнозного движения ($\alpha_i^*, \alpha_{i+1}^*$) на интервалах оптимизации $\Delta t = t_{i+1} - t_i$. На рис. 4 δ – отклонения рулей ЛА, $t_{\text{пр}i}$ определяется на основе решения вероятностной задачи предупреждения столкновений.

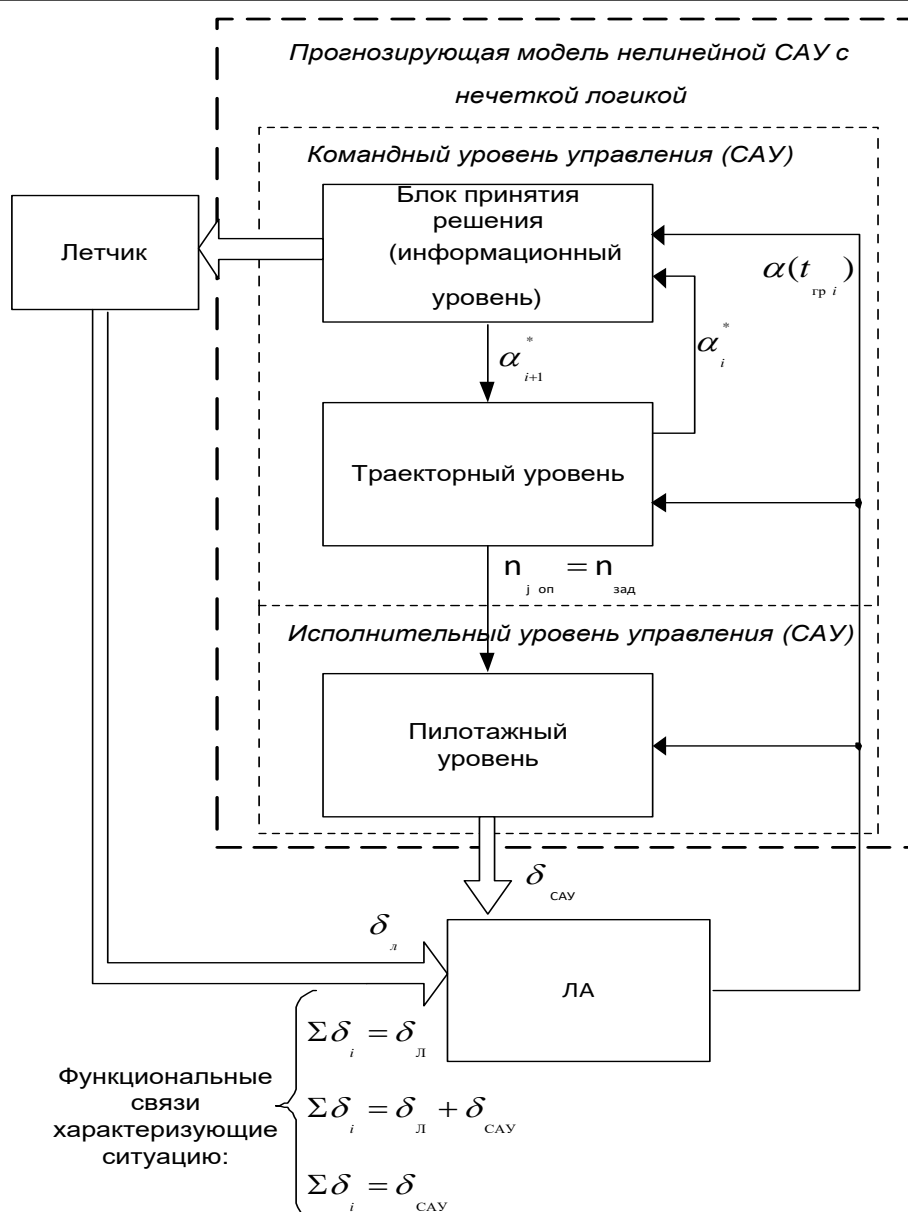


Рис. 4. Структурная схема нелинейной ИСАУ

Заключение. Таким образом, в работе рассмотрена на функциональном уровне задача совместного оценивания состояния человека-оператора и технической части системы. Такой подход может быть использован для исследования различных типов объектов: интегрированные системы бортовых комплексов летательных аппаратов, сложные энергетические системы, включая атомные электростанции и другие области организационно-технического применения. Основным результатом работы заключается в том, что возможна реализация процедуры перераспределения функций между оператором и автоматикой по интегральному показателю безопасности прогнозируемого движения объекта [14]. Такой показатель определяет окончательный выбор режима ситуационного управления (ручной, комбинированный или автоматический режимы).

Список источников

1. Буков В.Н. Новое развитие человеко-машинных контуров управления применительно к задачам слежения / В.Н. Буков, В.С. Кулабухов, В.Н. Сизых // Состояние и новые пути решения проблемы астероидной опасности, 1997. – С. 68-79.
2. Nordwall B. Flight Tests Highlight New GPS Uses, Emphasize Need for GPS/GLONASS Systems. Aviation Week, 2/X11 1991, vol. 135, no. 22, pp. 71-74.
3. Красовский А.А. Определение относительных координат радиоизлучающих объектов в пространстве интерферационным методом / А.А. Красовский // Изв. РАН. Теория и системы управления, 1997. – № 3.

4. Красовский А.А. Интерферометрическая радиопеленгация как пассивная радиолокация / А.А. Красовский, А.И. Наумов // Изв. РАН. Теория и системы управления, 1997. – №6. – С. 5-14.
5. Красовский А.А. Пассивная макроволновая радиолокация, мониторинг, навигация и резервное управление воздушным движением / А.А. Красовский // Изв. РАН. Теория и системы управления, 1998. – №3. – С. 156-163.
6. Красовский А.А. Скрытый централизованный контроль транспортной системы страны, сокращение потерь от природных техногенных катастроф и безопасность / А.А. Красовский // Доклад на бюро отделения ПММПУ, 1999.
7. Красовский А.А. Алгоритмическое обеспечение пассивных интерферометрических комплексов радиолокации / А.А. Красовский, В.Н. Сизых // Изв. РАН. Теория и системы управления, 2000. – №2. – С. 109-119.
8. Kuchar J.K. Methodology for Alerting-System Performance Evaluation. J. of Guidance, Control, and Dynamics, vol.19, no. 2, 1996.
9. Красовский А.А. Неклассические функционалы и проблемы теории оптимального управления / А.А. Красовский // Изв. РАН. Техническая кибернетика, 1992. – №1. – С. 3-41.
10. Красовский А.А. Развитие концепции, аналитическая теория, алгоритмическое обеспечение двухконтурного самоорганизующегося регулятора / А.А. Красовский // Автоматика и телемеханика, 1999. – №7.
11. Буков В.Н. Оптимизация человеко-машинных систем на основе прогнозирования функционального состояния оператора / В.Н. Буков // Автоматика и телемеханика, 1995. - №12. - С.124-137.
12. Колесников А. А. Синергетическая теория управления / А. А. Колесников // Таганрог: ТРТУ. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 344 с.
13. Красовский А. А. Избранные труды. Теоретическая и прикладная теория управления / А.А. Красовский // М.: Мысль, 2001. – 389 с.
14. Данеев А.В., Сизых В.Н. Методология проектирования алгоритмического обеспечения интегрированных систем управления авиационными транспортными средствами на основе уравнений нелинейной динамики / А.В. Данеев, В.Н. Сизых // Новосибирск: Наука, 2020. – 182 с.
15. Красовский А.А. Иерархическая оптимизация управления полетом / А.А. Красовский, В.Н. Буков // Вопросы кибернетики. – М.: Наука, 1988. – вып. 139. – С. 4-18.

Данеев Алексей Васильевич. Д.т.н., профессор, профессор кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, AuthorID: 2472, SPIN: 9197-6529, ORCID: 0000-0003-4288-824X, daneev@mail.ru, 664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15.

Сизых Виктор Николаевич. Д.т.н., профессор, профессор кафедры «Автоматизация производственных процессов», Иркутский государственный университет путей сообщения, AutorID: 518372, SPIN: 9999-9271, ORCID: 0000-0002-5982-8983, sizykh_vn@mail.ru, 664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, 15.

UDC 681.5

DOI:10.38028/ESI.2022.28.4.006

Anthropocentric approach to situational control of symbiotic systems

Alexey V. Daneev, Victor N. Sizykh

Irkutsk State Transport University,

Russia, Irkutsk, daneev@mail.ru

Abstract. The article describes the joint assessment and prediction of the functional state of the human operator and the technical part of the system "operator-technical object". The technique is being developed in a generalized version with a human, and can be used for various types of technical systems, including aircraft (LA) and other transport systems, as an application to process control in symbiotic (man-machine) complexes. At the information level, the procedure for redistributing functions between the operator and automation is implemented according to the integral indicator of the safety of the predicted movement of the object, the value of which determines the final choice of the situational control mode (manual, combined or automatic modes).

Keywords: anthropocentric approach, situational management, symbiotic system

References

1. Bukov V.N., Kulabukhov V.S., Sizykh V.N. Novoye razvitiye cheloveko-mashinnykh kontu-rov upravleniya primenitel'no k zadacham slezheniya [New development of human-machine control loops in relation to tracking

- tasks]. Sostoyaniye i novyye puti resheniya problemy asteroidnoy opasnosti [Status and new ways of solving the problem of asteroid hazard], 1997, pp. 68-79.
2. Nordwall B. Flight Tests Highlight New GPS Uses, Emphasize Need for GPS/GLONASS Systems. Aviation Week, 2/X11 1991, vol. 135, no. 22, pp. 71-74.
 3. Krasovskiy A.A. Opredeleniye otnositel'nykh koordinat radioizluchayushchikh ob'yektov v prostranstve interferatsionnym metodom [Determination of the relative coordinates of radio-emitting objects in space by the interference method]. Izv. RAN. Teoriya i sistemy upravleniya [Izv. RAN. Theory and control systems], 1997, no. 3.
 4. Krasovskiy A.A., Naumov A.I. Interferometricheskaya radiopelengatsiya kak passiv-naya radiolokatsiya [Interferometric direction finding as a passive radar]. Izv. RAN. Teoriya i sistemy upravleniya [Izv. RAN. Theory and control systems], 1997, no. 6, pp. 5-14.
 5. Krasovskiy A.A. Passivnaya makrovlnovaya radiolokatsiya, monitoring, navigatsiya i rezervnoye upravleniye vozdushnym dvizheniyem [Passive macrowave radar, monitoring, navigation and backup air traffic control]. Izv. RAN. Teoriya i sistemy upravleniya [Izv. RAN. Theory and control systems], 1998, no. 3, pp. 156-163.
 6. Krasovskiy A.A. Skrytnyy tsentralizovannyi kontrol' transportnoy sistemy strany, sokrashcheniye poter' ot prirodnykh tekhnogennykh katastrof i bezopasnost' [Covert centralized control of the country's transport system, reduction of losses from natural man-made disasters and safety]. Doklad na byuro otdeleniya PMMPU, 1999.
 7. Krasovskiy A.A., Sizykh V.N. Algoritmicheskoye obespecheniye passivnykh interfero-metricheskikh kompleksov radiolokatsii. Izv. RAN. Teoriya i sistemy upravleniya, 2000, no.2, pp. 109-119.
 8. Kuchar J.K. Methodology for alerting-system performance evaluation. J. of guidance, control, and dynamics, vol. 19, no. 2, 1996.
 9. Krasovskiy A.A. Neklassicheskiye funktsionaly i problemy teorii optimal'nogo upravleniya [Nonclassical functionals and problems of optimal control theory]. Izv. RAN. Tekhnicheskaya kibernetika [Izv. RAN. Technical cybernetics], 1992, no. 1, pp. 3-41.
 10. Krasovskiy A.A. Razvitiye kontseptsii, analiticheskaya teoriya, algoritmicheskoye obespecheniye dvukhkonturnogo samoorganizuyushchegosya regul'yatora [Development of the concept, analytical theory, algorithmic support for a two-loop self-organizing controller]. Avtomatika i telemekhanika [Automation and Telemechanics], 1999, no. 7.
 11. Bukov V.N. Optimizatsiya cheloveko-mashinnykh sistem na osnove prognozirovaniya funktsional'nogo sostoyaniya operatora [Optimization of human-machine systems based on forecasting the functional state of the operator] Avtomatika i telemekhanika [Automation and Telemechanics], 1995, no. 12, pp. 124-137.
 12. Kolesnikov A.A. Sinergeticheskaya teoriya upravleniya [Synergetic theory of management], Taganrog, TRTU; M., Energoatomizdat [Energoatomizdat], 1994, 344 p.
 13. Krasovskiy A.A. Izbrannyye trudy. Teoreticheskaya i prikladnaya teoriya upravleniya [Selected Works. Theoretical and applied control theory], M., Mysl' [Thought], 2001, 389 p.
 14. Daneyev A.V., Sizykh V.N. Metodologiya proyektirovaniya algoritmicheskogo obespecheniya integrirovannykh sistem upravleniya aviatsionnymi transportnymi sredstvami na osnove uravneniy nelineynoy dinamiki [Methodology for designing algorithmic support for integrated control systems for aviation vehicles based on equations of nonlinear dynamics], Novosibirsk, Nauka [Science], 2020, 182 p.
 15. Krasovskiy A.A. Iyerarkhicheskaya optimizatsiya upravleniya poletom [Hierarchical optimization of flight control], Voprosy kibernetiki [Questions of Cybernetics], M., Nauka [Science], 1988, iss. 139, pp. 4-18.

Daneev Aleksey Vasilyevich. Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department "Information Systems and Information Security", Irkutsk State Transport University, AuthorID: 2472, SPIN: 9197-6529, ORCID: 0000-0003-4288-824X, daneev@mail.ru, 664074, Irkutsk, st. Chernyshevsky, 15.

Sizykh Viktor Nikolaevich. Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department "Automation of Production Processes", Irkutsk State Transport University, AutorID: 518372, SPIN: 9999-9271, ORCID: 0000-0002-5982-8983, sizykh_vn@mail.ru, 664074, Irkutsk, st. Chernyshevsky, 15.

Статья поступила в редакцию 14.08.2022; одобрена после рецензирования 27.10.2022; принята к публикации 25.11.2022.

The article was submitted 08/14/2022; approved after reviewing 10/27/2022; accepted for publication 11/25/2022.