УДК 331.101.1:681.51(045)

**В. И. Кашматов,** канд. техн. наук

# ВВЕДЕНИЕ В АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ОПТИМАЛЬНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОПЕРАТОРА С ОБЪЕКТОМ В ДИСТАНЦИОННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

Институт электроники и систем управления НАУ, e-mail: iesu@nau.edu.ua

*Проведен анализ причин возникновения и структуры общей проблемы оптимального взаимодействия оператора с управляемым объектом в дистанционной системе управления. Предложен путь оптимизации этого взаимодействия – возврат к исходной предметной системе, но на более высоком техническом уровне (к квазипредметной системе управления).*

**Ключевые слова:** оператор, объект, взаимодействие, система, оптимизация, управление: предметное, дистанционное, квазипредметное.

**Введение.** Наиболее важной проблемой, от решения которой зависит безопасность полёта воздушных судов, является проблема оптимального взаимодействия оператора с управляемым объектом в системе дистанционного управления объектом. В настоящее время эту проблему пытаются решать на этапе эксплуатации систем дистанционного управления, улучшая процесс обучения, тренировки операторов.

Однако больше возможностей коренного улучшения взаимодействия оператора с объектом в том случае, если эту проблему начинать решать уже на этапе проектирования, учитывая что оператор при эксплуатации не может сделать больше того, что позволяет ему сделать спроектированная система.

В этой работе выполнен анализ проблемы оптимального взаимодействия оператора с управляемым объектом, изложен новый (инженерно-психологический) подход к решению общей проблемы, найден идеал решения, определен перечень частных проблем, сформулированы идеи практической реализации решения.

**1. Инженерно-психологический подход к проектированию эргатической системы управления.** Инженерно-психологический подход к проектированию оптимального взаимодействия оператора с объектом управления, предложенный в инженерной психологии Б. Ф. Ломовым [1], отличается от системотехнического тем, что учитывается психофизиологическое содержание человека-оператора. Проектирование начинается с изучения первичного взаимодействия оператора с управляемым объектом в предметной системе управления (рис. 1). В результате этого изучения вскрываются причины трудностей организации вторичных взаимодействий в эргатической системе, определяются целесообразная степень автоматизации управления, структурная схема системы управления, необходимые устройства отображения информации и органы управления.

**2. Анализ первичного взаимодействия оператора с объектом в предметной системе управления.** Первичное взаимодействие оператора с объектом управления в чистом виде существует в предметной системе управления «человек-управляемый предмет». В предметной системе управления [2] звенья тела, образующие совместно с предметом (например, миниатюрной моделью динамики движения самолета) единое целое, являются объектом управления, а рецепторы, мозг, мышцы – регулятором.

При более детальном рассмотрении предметной системы управления (рис. 2), в ней различают два кольца (контура) управления: внешнее и внутреннее. Каждое из этих колец имеет свою афферентацию, локализацию и функцию. Внешнее кольцо управляет смысловой частью движения, внутреннее – синнергетическими автоматизмами. Звенья тела и управляемый предмет включаются во внешнее кольцо управления с помощью экстерорецепторов (зрительных, слуховых) посредством внешней среды, а во внутреннее

кольцо, минуя среду, – с помощью проприорецепторов (суставной, мышечной и сухожильной чувствительности). Эти виды чувствительности входят в двигательный анализатор человека, специально приспособленный для восприятия динамических параметров движения нагруженных звеньев тела.

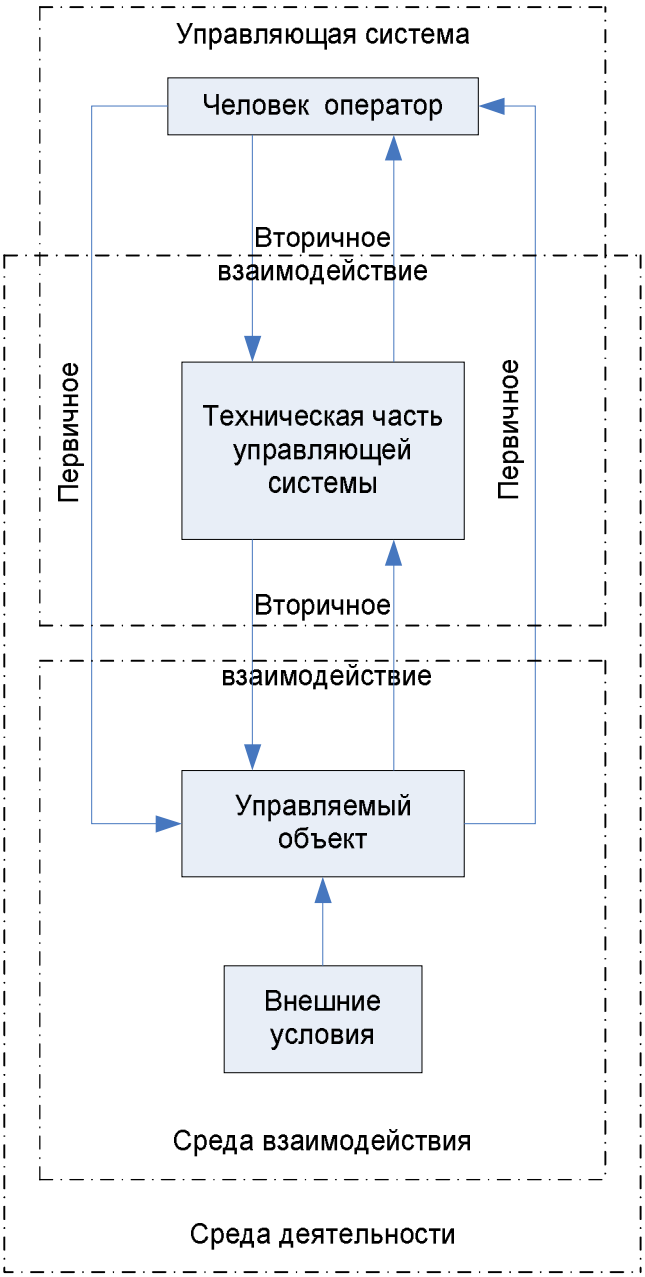


Рис. 1. Функциональная схема взаимодействия человека-оператора с управляемым объектом в эргатической системе управления

В соответствии со специализацией видов чувствительности внутренняя обратная связь формируется по месту съёма информации. Сухожильные рецепторы являются датчиками напряжения (усилия), приложенного к звеньям тела, поэтому точка съёма информации обозначена до нагруженных звеньев тела. Мышечные и суставные рецепторы являются датчиками скорости и положения звеньев тела, поэтому точка съёма этой информации обозначена после нагруженных звеньев тела.

Между внешним и внутренним кольцами управления существует субординация. Внешнее (смысловое) кольцо управления руководит деятельностью внутреннего (автоматизированного) кольца управления для управления движениями звеньев тела.

В головном мозгу имеются специальные механизмы: задающий, программирующий и сличающие. Задающий и сличающий механизмы внешнего кольца предназначены для сознательного (смыслового) управления, программирующий и сличающий механизмы внутреннего кольца являются своего рода внутренним автоматом человека.

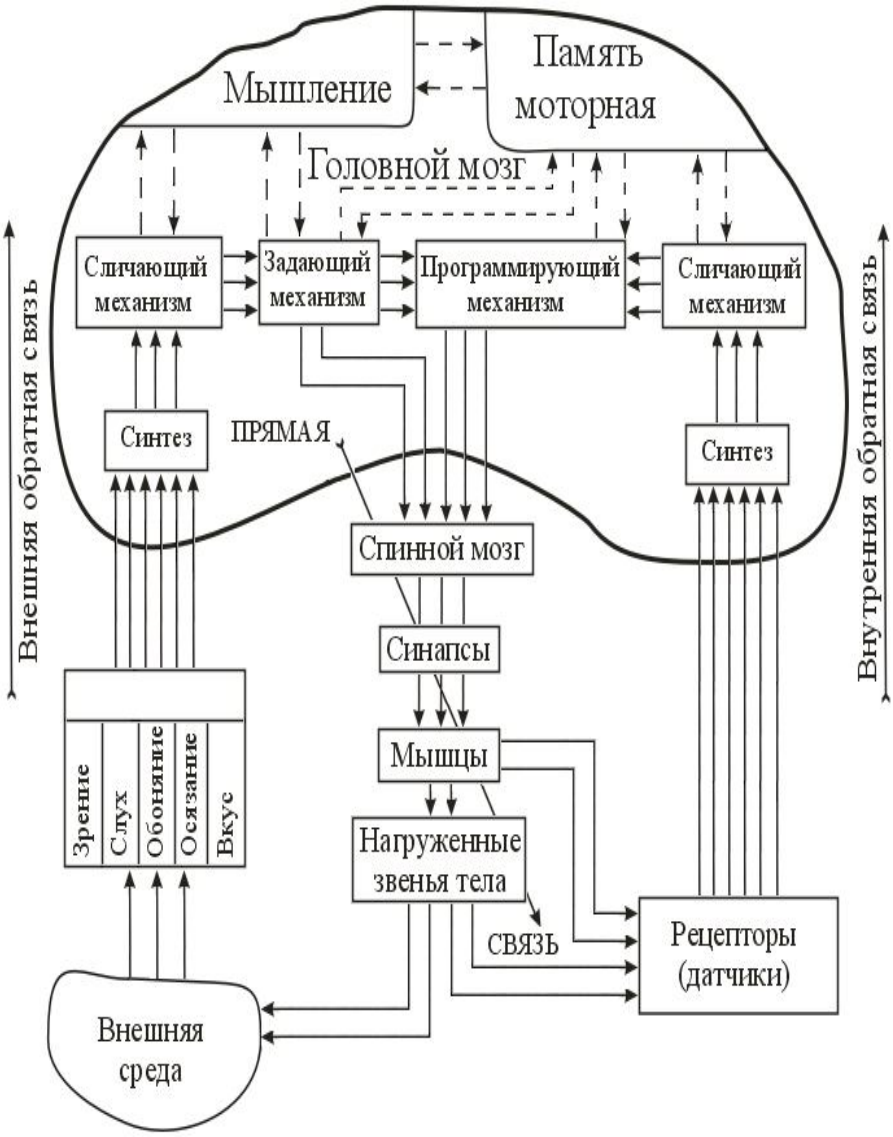


Рис. 2. Функциональная схема предметной системы управления

На основании изложенных выше физиологических данных структуру деятельности оператора в предметной системе управления гипотетически можно представить следующим образом. При поступлении “команды” от самых высших отделов головного мозга задающий механизм определяет очерёдность действий звеньев конечностей в соответствии со смысловой задачей движения, а программирующий механизм дифференцирует это движение по конкретным синнергиям, согласуясь с обстановкой на периферии по данным внутренней обратной связи.

Сигналы управления в закодированном виде поступают по эфферентным путям на «сервомеханизм» и приводят его в действие. Ответная информация поступает по двум дугам обратной связи: по внутренней дуге через проприорецепторы по афферентным путям, по внешней дуге от конечностей через окружающую среду на внешние анализаторы. После кодирования и синтеза информация поступает на сличающие механизмы – колец управления. В движения вносятся соответствующие коррективы. Внешнее кольцо контролирует

смысловую часть движения, а внутреннее осуществляет контроль над автоматизмами и регулирует движение в синергетических деталях.

Одновременно происходит запоминание хода управления движением, точное запоминание программы движения с тем, чтобы разгрузить смысловую часть управления движением за счет готовых автоматизмов.

Приведенный выше анализ первичного взаимодействия в предметной системе показывает, что в этой системе природой решена проблема оптимального взаимодействия оператора с управляемым объектом. Основное управление ведется внутренним контуром управления человека. Это, своего рода, многоканальный, автоматизированный и специализированный регулятор движений человека. Он разгружает универсальный внешний контур от управления деталями движения, позволяя ему сосредоточиться на решении смысловых задач управления движением.

**3. Формулирование проблем вторичного взаимодействия оператора с объектом управления в дистанционной системе управления.** При переходе от предметного управления к дистанционному (посредством машин-двигателей) конструкторы, включая объект управления во внешний контур управления человека, возлагают на него несвойственные этому контуру функции управления и затрудняют выполнение основных.

В дистанционной системе при управлении тем же предметом с помощью машин - двигателей оператор взаимодействует не с самим предметом, а с его «заместителями» - индикаторами, органами управления, представляющими собой информационную модель управляемого объекта. В связи с этим в структуре деятельности появились дополнительные стадии декодирования принимаемой и кодирования выдаваемой оператором информации. С помощью этих стадий оператор на основании данных информационной модели строит в мозгу концептуальную модель управляемого объекта. Наличие дополнительных стадий повышает уровень регуляции управляющих действий человека, усложняет способ управления, что отрицательно сказывается на качестве и надежности управления.

***Анализ проблем разгрузки зрения и внимания оператора, распределения функций управления между оператором и автоматом в дистанционной системе управления.*** Процесс управления движением в дистанционной системе разделен на несколько каналов. Для управления в каждом канале требуется контроль положения, скорости движения объекта в пространстве, управляющих и возмущающих моментов, действующих на объект. В предметной системе одновременный контроль этих параметров по всем каналам осуществляется рецепторами двигательного анализатора, в дистанционной системе одновременный контроль невозможен. Зрительный анализатор вынужден работать в режиме последовательного переключения из одного канала в другой и обычно в условиях дефицита времени. Такой режим перегружает зрение, требует сложных навыков переключения распределения внимания. Эти навыки трудно поддаются формированию, легко разрушаются при утомлении, длительных перерывах в работе и в напряженной ситуации. При отвлечении внимания на другой канал управление в данном канале отсутствует. Это обстоятельство может сказаться на качестве и надежности управления.

Выработка программы и законов управления в каждом канале требует одновременного сопоставления между собой нескольких параметров движения. В предметной системе эти функции «автоматически» (подсознательно) выполняют сличающий и программирующий механизмы внутреннего контура управления. В дистанционной системе функции задающего и сличающего механизмов внешнего контура управления выполняются сознательно. При этом эти механизмы не могут установить правильное взаимоотношение между причиной и результатами движения. Это значительно ухудшает качество и надежность управления.

При замене внутреннего контура автоматом возникает проблема организации взаимодействия внешнего контура человека с автоматом. Автомат, действуя автономно, не всегда субординирован с внешним контуром управления, что усложняет деятельность внешнего контура оператора при управлении автоматом. Необходим автомат, включающий, а не заменяющий собой внутренний контур управления человека. Одним из возможных путей решения возникших проблем взаимодействия оператора с объектом является путь возврата к исходной (предметной) системе, но на более высоком техническом уровне: к будто бы предметной (квазипредметной) системе управления.

***Квазипредметная система управления объектом – средство решения проблем оптимального взаимодействия оператора с объектом в дистанционной системе.*** В квазипредметной системе вместо раздельных «заместителей» объекта (индикатора и органа управления) создается единый «заместитель» объекта – предметная модель углового движения летательного аппарата.

В предметной модели рычаг управления и стрелка указателя регулируемой величины объекта объединены [3] в рычаг-стрелку управления, которая с помощью автомата загрузки рычага-стрелки управления воспроизводит сопротивление объекта. Благодаря этому рычаг-стрелка управления предметной модели движется и сопротивляется так, как двигалась и сопротивлялась бы модель динамики объекта в миниатюре, находясь в руке оператора. Поэтому по реакции рычага – стрелки управления предметной модели – на управляющее воздействие оператора он может судить о реакции на это воздействие самого объекта.

В квазипредметной системе предметная модель углового движения включается во внутренний контур управления человека. Этот контур управляет предметной моделью, а через нее и самим объектом. Внешний контур разгружается для решения смысловых задач. В результате качество и надежность решения как смысловой, так и динамической задачи управления повышается.

**Выводы и предложения по дальнейшим исследованиям**

1. Проблема оптимального взаимодействия человека-оператора с объектом управления является комплексной проблемой системы «человек–машина».

2. Эту проблему необходимо решать, начиная с этапа проектирования системы управления, а при анализе применять инженерно-психологический подход.

3. Согласно инженерно-психологическому подходу анализ проблемы оптимального взаимодействия человека – оператора с объектом должен начинаться с изучения первичного взаимодействия оператора с объектом и формулирования проблем организации вторичного взаимодействия.

4. Основная причина трудностей в организации вторичного взаимодействия человека-оператора с объектом управления связана с перекладыванием функций регулирования с внутреннего контура управления на внешний контур управления человека.

5. В результате перекладывания функций регулирования, выполняемых в предметной системе внутренним контуром регулирования, на внешний контур, возникают проблемы разгрузки зрения и внимания, распределения функции регулирования между человеком-оператором и автоматом в дистанционной системе управления.

6. Предложен новый путь решения проблем оптимизации взаимодействия человека – оператора с объектом управления – возврат к исходной, предметной системе, но на более высоком техническом уровне: к квазипредметной системе дистанционного управления объектом.

7. Данное исследование представляет собой введение в анализ общей проблемы оптимального взаимодействия человека-оператора с объектом управления в дистанционной системе управления. Подробный анализ частных проблем, сформулированных во введении, представлен в следующих отдельных исследованиях.

8. Комплексное техническое решение проблем оптимального взаимодействия оператора с объектом управления в дистанционной системе, построенной по принципу квазипредметного управления, содержится в описании комплексного изобретения «Пульт, система и способ ручного управления и стабилизации регулируемой величины движения летательного аппарата» [3].

## Список литературы

1. *Ломов Б. Ф.* Человек в системе управления. – М.: Знание, 1967. – 48 с.
2. *Чхаидзе Л. В.* Координация произвольных движений человека в условиях космического полёта. – М.: Наука, 1965. – 111 с.
3. *Пат. 2128600* Российская Федерация. МКИ В 64С 13/04. Пульт, система, способ управления и стабилизации регулируемой величины движения летательного аппарата «Аржесан» / Кашматов В. И. Заявитель и патентообладатель – № 96105098/28; заявл.15.03.96; опубл. 10.04.99, Бюл. № 10. – 3 с.: илл.

В. Й. Кашматов

**Вступ до аналізу проблеми оптимальної взаємодії оператора з об'єктом в дистанційній системі керування**

Проаналізовано причини виникнення та структури загальної проблеми оптимальної взаємодії з керованим об'єктом в дистанційній системі керування. Запропоновано шлях оптимізації цієї взаємодії – повернення до початкової предметної системи, але на більш високому технологічному рівні (до квазіпредметної системи керування).

V. I. Kashmatov

**Introduction into analysis of optimal interaction between the operator and the object in a remote control system**

The article deals with the analysis of causes of emergency and structure of the main problem of optimal interaction between the operator and the object in a remote control system. A way to improvement of this interaction is suggested. This is returning to the initial object system, but on the higher technical level (to the quazi object control system).