

УДК 623.765:681.513.6

М.А. Павленко<sup>1</sup>, О.С. Бодяк<sup>1</sup>, М.Ю. Гусак<sup>2</sup>, С.И. Симонов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

<sup>2</sup> Воинская часть А4245

## МЕТОД РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА АСУ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

*В статье предложен метод разработки и модификации модели процесса деятельности оператора АСУ при принятии решений при управлении сложными динамическими объектами.*

**Ключевые слова:** модель, имитационная модель, деятельность оператора.

### Введение

Разработка и внедрение новых информационных технологий в современные автоматизированные системы управления (АСУ), влечет за собой изменение структуры системы информационного обеспечения деятельности оператора или отдельных её элементов [1, 2]. Отмеченная трансформация приведет к изменению структуры деятельности оператора. Использование новых подходов к формированию и управлению информационными моделями (ИМ) [2 – 4] в перспективных АСУ определяет необходимость проведения дополнительных исследований деятельности оператора на этапе проектирования таких систем с целью учета изменившихся условий функционирования оператора. Анализ подходов к проектированию и разработки существующих АСУ показывает, что главное внимание обычно уделялось антропометрическим, физиологическим и психофизиологическим особенностям оператора, при этом зачастую использовался машиноцентрический подход к их построению [1, 5]. Подобный подход, в свою очередь, и определял структуру системы информационного обеспечения, состав средств отображения, набор ИМ и форм представления информации о состоянии объекта управления. Современный антропологический подход к моделированию деятельности оператора позволяет учесть: возможности оператора по обработке информации; соответствие информации задачам, которые решает оператор; условия деятельности оператора (сложные или простые).

Расширение круга учитываемых факторов за счет использования соответствующих моделей дея-

тельности оператора позволяет провести оценку времени решения задач принятия решения, а так же оценить затраты времени на выполнение отдельных операций в структуре деятельности оператора. Существенным ограничением при использовании данных моделей является то, что они разрабатываются для существующих средств АСУ (либо их макетов). Подобный подход требует значительных финансовых затрат на усовершенствование АСУ (независимо от того аппаратное или программное обеспечение требует доработки или усовершенствования). Таким образом, полученные результаты моделирования деятельности оператора наряду с результатами работы операторов, полученные опытным путем, могут быть положены в основу разработки рекомендаций по практической работе на средствах АСУ, а также нормативов по подготовке и отбору операторов. Существующие подходы ограниченно учитывают [2 – 5] внешние условия деятельности оператора (ситуации), задачи, решаемые оператором в складывающихся условиях обстановки, интеллектуальные процессы обработки информации и решения задач управления.

Усовершенствование методов моделирования деятельности оператора должно обеспечить еще на этапе проектирования подсистемы информационного обеспечения возможности решения следующих задач:

- выявить состав задач, решаемых оператором;
- определить алфавит информационных признаков, необходимых для решения задачи;
- сформировать алфавит информационных элементов и требования к их отображению;
- выделить этапы деятельности оператора в ходе решения задач принятия решений;

- обосновать структуру информационной модели и состав средств отображения информации;
- обосновать рекомендации по ограничениям и допущениям к решению задачи распределения информационных элементов между средствами отображения;
- обосновать требования к структуре и составу органов управления (пульты, манипуляторы, и другие средства управления) и т.д.

При переходе к использованию новых информационных технологий и подходов к распределению задач между оператором и ЭВМ становится актуальным вопрос разработки новых методов моделирования деятельности оператора, которые бы позволили получить решение перечисленных выше задач. Это, в свою очередь, сократит время проектирования и разработки подсистем информационного обеспечения, а так же расходы на доработку и совершенствование подсистем формирования и управления ИМ, обеспечивающих информационную поддержку процессов принятия решений оператором.

**Анализ литературы.** В литературе [1 – 8] представлено несколько групп методов, которые использовались для исследования деятельности операторов АСУ. Традиционно методы объединились в следующие группы.

*Операционно-логические* методы анализа деятельности предполагают анализ и синтез структур деятельности на основе языковых средств технической кибернетики, теории вероятностей, логики и теории алгоритмов, теории информации, массового обслуживания и исследования операций, теории графов и матриц.

Назначение *соматографических методов* - оптимизация рабочей позы, а также компоновки рабочих мест. Языковые средства обеспечиваются биомеханикой, антропометрией и техническим черчением.

*Психофизиологические методы*, с одной стороны, имеют целью устранение информационных и кинетических перегрузок (недогрузок), профессиональный отбор, ориентацию и обучение, а с другой стороны, поставляют необходимые сведения, как для предметно-функциональных, так и для личностных методов.

Здесь используются знания психологических и физиологических дисциплин, математический аппарат теории алгоритмов и графов.

*Личностные методы* предназначены для профориентации и профотбора. Они целиком основываются на понятийном аппарате дифференциальной психологии, психологии способностей и личности, на многомерном статистическом анализе и психометрическом шкалировании.

*Итерационные методы* определяют этапы и процедуры формирования и уточнения модели по мере накопления опытных и теоретических данных.

Эти методы, однако, не позволяют провести детальный систематический анализ операций процесса принятия решений оператором.

**Цель статьи.** Представление результатов разработки модели для анализа деятельности оператора АСУ при управлении сложными динамическими объектами.

## Основная часть

Проведение моделирования деятельности оператора представляют собой наиболее экономичный путь получения данных на начальном этапе проектирования и разработки комплексов средств автоматизации. В статье будут рассмотрены подходы к построению модели деятельности оператора в иерархической АСУ сложными динамическими объектами. К таким АСУ можно отнести АСУ управления воздушным движением, производственными процессами и АСУ военного назначения.

Наиболее объективные результаты оценки деятельности оператора могут быть получены на основании проведения опытных исследований его деятельности непосредственно на рабочих местах. Однако проведение таких исследований практически невозможно в силу больших экономических затрат.

Построение аналитической модели деятельности оператора зачастую затруднено в силу отсутствия адекватных способов формализованного описания интеллектуальной деятельности оператора, отсутствия строгого алгоритма его деятельности, невозможности учета всех факторов, влияющих на процесс его деятельности.

В таком случае единственным доступным способом проведения исследования деятельности оператора является проведение имитационного моделирования его деятельности.

Имитационная модель позволяет учесть групповой характер деятельности при оценке объекта управления, свойства оператора по обработке и декодированию информации, отразить особенности его работы с различными устройствами отображения информации, учесть необходимые затраты времени на выполнение действий по преобразованию ИМ в концептуальную модель. В дальнейшем при разработке модели деятельности оператора ограничимся разработкой дедуктивной решающей с отставленным обслуживанием модели деятельности оператора [7, 8].

За основу метода формирования модели деятельности оператора предлагается взять метод поэтапного моделирования [7]. В общем случае данный метод является универсальным при разработке любого класса моделей деятельности оператора, будь то математические, имитационные или смешанные модели. Однако разработка модели деятельности оператора с использованием данного метода является трудоемким процессом и может быть разработана с при-

менением элементов экспериментального исследования деятельности оператора. Также наиболее полно достоинства данного метода используется при проектировании комплекса средств автоматизации АСУ с «чистого листа».

Разработку модели деятельности оператора предлагается начать с анализа общей структуры его деятельности. В общем случае структура деятельности оператора может быть представлена как в работе [4,6]. При моделировании деятельности оператора будем стремиться провести не внешнее копирование, а психологическое соответствие модели и реальных процессов принятия решения [8].

Для оператора характерны разнотипные виды деятельности. С точки зрения моделирования деятельности оператора наиболее часто рассматривались отдельные аспекты его деятельности. Например, рассматривались сенсорные возможности оператора по обработке визуальной, аудио или другой информации. Отдельно рассматривались возможности оператора по обработке полученной информации, формированию оперативных образов, концептуальных моделей и способов оперирования ними. Моделировалась и подвергалась анализу моторная деятельность оператора.

Следует отметить, что, с одной стороны, оператору присущ интеллектуальный характер деятельности, связанный с получением и обработкой информации, как о внешней среде, так и об объектах управления. С другой стороны оператор может быть рассмотрен с точки зрения выполнения им различных эффекторных действий. При этом необходимо учитывать, что оператор является открытой интеллектуальной системой для которой характерны осознанный поиск и обработка информации. Основным механизмом поиска дополнительной и уточнение имеющейся информации является целенаправленное взаимодействие с системой управления через средства взаимодействия. Рассмотренные особенности и положены в основу предложенной структуры деятельности оператора при принятии решений в АСУ сложными процессами или объектами.

Сформированная структура деятельности оператора отражает основные элементы деятельности, связанные с получением и обработкой информации, принятием решения и взаимодействием со средствами автоматизации [4, 6].

Опыт разработки модели [4, 6] дает основание для формирования других подходов моделирования деятельности оператора.

### Разработка модели

При разработке модели были выделены характерные структурные элементы деятельности оператора такие как:

- рецепторная деятельность;
- интеллектуальная деятельность;

- психомоторная деятельность;
- факторы влияющие на деятельность (шум, температура, влажность, давление, загрязненность и др.).

Моделирование процессов, характерных для каждой из представленных областей является сложной задачей. Но, как видно [4,6], моделирование еще более затруднено тем, что данные области имеют пересечение. Эти пересечения показывают тесную взаимосвязь между различными операциями, выполняемыми оператором в ходе принятия решения. Такое пересечение вполне оправдано и закономерно в силу того, что деятельность оператора является осознанной, целенаправленной и адаптивной как по отношению к обработке информации, так и по отношению к выработке и реализации принятых решений.

Также структуре деятельности оператора присуща некоторая неопределенность в последовательности этапов переработки информации и выработки решений, что и отражено соответствующими связями [4, 6]. В силу представленных факторов структура деятельности оператора не может рассматриваться как алгоритм его деятельности. Она отражает только основные этапы, не предсказывая и не определяя их последовательность и результаты, получаемые после выполнения каждого из этапов.

Выделение в деятельности оператора некоторых обособленных этапов (структурных элементов) позволяет разделить его деятельность на «слои» или «плоскости», соответствующие особенностям деятельности оператора и характеризующаяся определенными операциями, выполняемые оператором.

Таким образом, операции представленные в табл. 1, можно разделить на операции связанные с восприятием информации, взаимодействием со средствами управления комплекса средств автоматизации и т.д. Модель [4, 6] представлена на рис. 1.

Представленная на рис. 1 модель деятельности оператора соответствует той модели, которая представлена в [4, 6]. Кружочками с цифрами (рис. 1) на данной модели представлены те же операции, что и в [4, 6]. Основным отличием между моделями является разбиение деятельности оператора на плоскости, которые отражают основные стороны деятельности оператора.

Связи между плоскостями имеют логический характер и отражают логику переходов между плоскостями. При уточнении и детализации модели деятельности оператора данным связям могут быть приписаны различные характеристики. Например, связям могут быть приписаны значения вероятности перехода между операциями (плоскостями) или затраты времени на переходы между операциями (плоскостями).

При таком представлении модели деятельности оператора возможно с новой стороны взглянуть на структуру его деятельности.

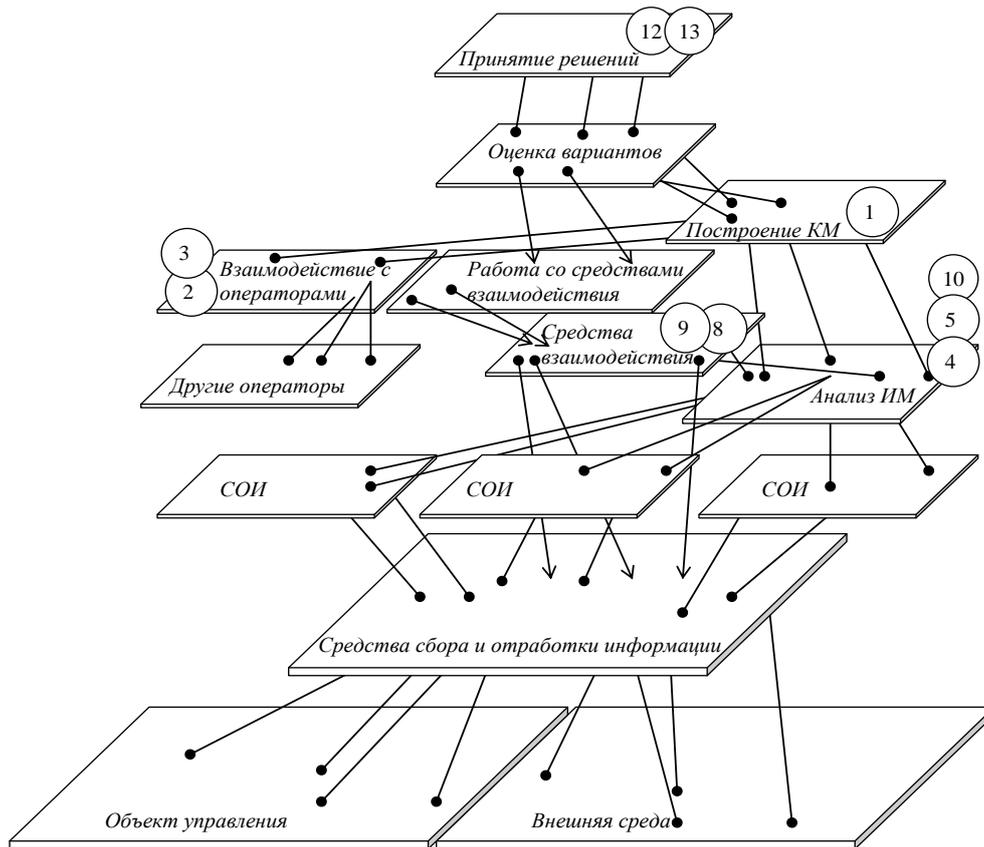


Рис 1. Вариант построения модели деятельности оператора

Также появляется возможность исследовать, изменять или модифицировать лишь отдельные плоскости модели, не нарушая при этом целостности и характера других плоскостей.

Проведение анализа деятельности оператора с построением плоскостной модели позволяет более точно определить структуру деятельности оператора, выделить основные материальные (объекты управления, средства отображения информации (СОИ), элементы управления и др.) и нематериальные (интеллектуальные, волевые, чувственные) стороны деятельности оператора. При этом основные однотипные действия оператора выделяются в рамках единой плоскости и могут быть изучены самостоятельно и обособленно и при последующем уточнении характеристик деятельности опять включатся в разрабатываемую модель. При этом модель плоскости может быть:

- простой: Имеется множество отдельных однотипных операций не связанных между собой. Каждая операция имеет связи только с элементами или группами элементов других плоскостей;

- сложной: Имеется множество отдельных однотипных операций связанных между собой. Могут иметь место связи, как отдельной операции, так и группы операций с элементами или группами элементов других плоскостей;

- смешанной: Имеется множество отдельных однотипных операций, как связанных, так и не свя-

занных между собой. Могут иметь место связи, как отдельной операции, так и группы операций с элементами или группами элементов других плоскостей.

При использовании предложенного подхода к построению модели деятельности оператора могут быть реализованы все преимущества метода поэтапного моделирования, как относительно всей модели в целом, так и относительно каждой плоскости в отдельности. Это позволит повысить точность и адекватность построения модели деятельности оператора в целом. Это, в свою очередь, позволяет определить метод разработки модели деятельности оператора АСУ при управлении сложными динамическими объектами (рис. 2).

## Выводы

Предложенный подход к моделированию деятельности оператора является эмпирическим и требует разработки математического описания и исследования предложенной модели. В данной модели деятельность оператора распределена (более образным понятием будет растворена) между плоскостями. При этом сохраняется достаточный уровень детализации отдельных сторон деятельности оператора при сохранении целостного представления о процессе его деятельности и характерных особенностях психологической и моторной деятельности оператора.

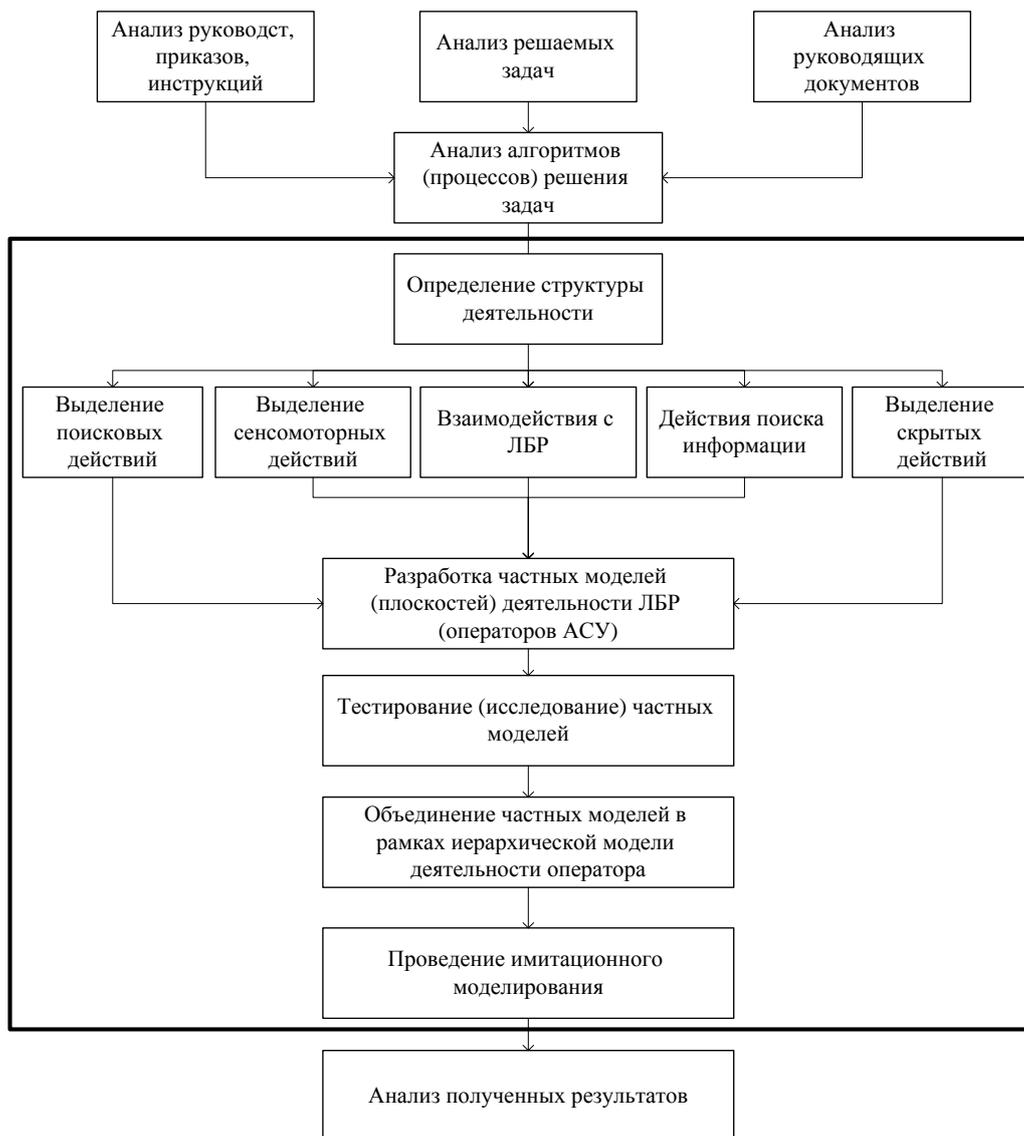


Рис. 2. Структура метода разработки модели деятельности оператора АСУ при управлении сложными динамическими объектами

Предложенный подход к построению модели деятельности оператора может быть использован при:

1) обеспечении научно-исследовательского проектирования сложных АСУ с использованием метода поэтапного моделирования;

2) оптимизации режимов работы операторов и разработки инженерных рекомендаций по усовершенствованию существующих систем управления эргатического типа, а также получения количественных сравнительных оценок эффективности деятельности оператора при использовании различных типов и конфигураций средств взаимодействия.

3) проведении экспериментальных исследований для получения информации с целью обоснования требований к оператору.

4) обеспечении тренировок операторов в период разработки комплексов и систем или при модернизации существующих комплексов и систем.

5) обоснование требований к комплексу

средств автоматизации, составу и структуре подсистемы информационного обеспечения.

При проведении экспериментов с разработанной моделью возможна модификация, как модели в целом, так и отдельных плоскостей в частности. Также может проводиться исследование модели при оперативной замене составляющих плоскостей. Например, плоскость «средств взаимодействия» может быть представлена клавиатурой, мышью, специализированными средствами ввода информации с различными характеристиками, что позволит на этапе проектирования оценить и обосновать требования к составу средств взаимодействия, а также их технические характеристики. При этом при разработке различных плоскостей может быть применена методика разработки сложного программного обеспечения группой разработчиков.

При реализации модели с использованием ЭВМ наиболее привлекательным выглядит использования возможностей средств CASE – технологий [9].

## Список літератури

1. Венда В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации / В.Ф. Венда. – М.: Машиностроение, 1975. – 398 с.
2. Тимочко А.И. Моделирование деятельности лица, принимающего решения, в системах сетевого управления / А.И. Тимочко, М.А. Павленко, В.Н. Руденко // Радиотехника. Вып. 151. – Х.: МОНУ, ХНУРЕ, 2007. – С. 85-91.
3. Павленко М.А. Моделирование деятельности оператора с использованием CASE-технологий при разработке перспективных средств автоматизации. / М.А. Павленко // Системы обработки информации. – Х.: ХУ РС, 2009. – Вып. 6(80). – С. 89-92.
4. Павленко М.А. Метод анализа деятельности оператора автоматизированных систем управления воздушным движением / М.А. Павленко, П.Г. Бердник, И.Ю. Хромов // Системы обработки информации. – Х.: ХУ РС. – 2007. – Вып. 1(59). – С. 78-81.
5. Павленко М.А. Организация проектирования средств информационного обеспечения оператора / М.А. Павленко, В.М. Руденко, П.Г. Бердник // Вектор науки. – Тольятти: ТГУ, 2010. – Вып. 1(11). – С. 65-70.
6. Формування концептуальних моделей в оперативному мисленні оператора / М.А. Павленко, А.В. Самокіш, П.Г. Бердник, В.М. Руденко // Системи управління, навігації і зв'язу. – К.: ЦНДІ НІУ, 2010. – № 3(15). – С. 159-163.
7. Системы поддержки принятия решений и задачи их эргономического проектирования / Павленко М.А., Руденко В.Н., Бердник П.Г., Данюк Ю.В. // Військово-технічний збірник. – Львів: Академія СВ імені гетьмана Петра Сагайдачного, 2010. – Вып. 3. – С. 3-7.
8. Хрестоматія по інженерній психології / Сост.: Б.А. Душков, Б.Ф. Ломов, Б.А. Смирнов / Под ред. Б.А. Душкова. – М.: Высшая школа, 1991. – 287 с.
9. Використання середовища Matlab для моделювання діяльності оператора АСУ / М.А. Павленко, В.М. Руденко, С.В. Сериченко, С.І. Сімонов // Системи озброєння та військової техніки. Науковий журнал. – 2009. – № 3 (19). – С. 79-83.

Поступила в редколлегию 17.10.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.Д. Карлов, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### МЕТОД РОЗРОБКИ МОДЕЛІ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА АСУ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

М.А. Павленко, О.С. Бодяк, М.Ю. Гусак, С.І. Сімонов

*У статті запропонований метод розробки і модифікації моделі процесу діяльності оператора АСУ при прийнятті рішень при управлінні складними динамічними об'єктами.*

**Ключові слова:** модель, імітаційна модель, діяльність оператора.

### METHOD DEVELOPMENT MODEL OF OPERATOR CONTROL SYSTEMS IN COMPLEX DYNAMIC OBJECTS

M.A. Pavlenko, O.S. Bodiak, M.Y. Gusak, S.I. Simonov

*A method for designing and modifying the process model of the operator's automated decision-making in the management of complex dynamic objects.*

**Keywords:** model, simulation model, the activities of the operator.