

УДК 681.51

О.С. Бодяк

*Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков*

## РАЗРАБОТКА МЕТОДА ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

*В статье предложен подход к процессу разработки метода формирования модели деятельности оператора систем управления сложными динамическими объектами, учитывающий специфику задач решаемых оператором, внешние условия и его психофизиологические особенности. Метод предназначен для разработки имитационных моделей при проведении экспериментальных исследований деятельности оператора.*

**Ключевые слова:** системы управления, моделирование, деятельность оператора.

### Введение

**Актуальность.** 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 машинно-центрический 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 деятельности оператора позволяет провести оценку времени решения задач принятия решения, а также оценить затраты времени на выполнение отдельных операций в структуре деятельности оператора и выявление проблемных мест при проектировании операторской деятельности. 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 также расходы на доработку и совершенствование подсистем формирования и управления ИМ, обеспечивающих информационную поддержку процессов принятия решений оператором.

**Анализ литературы.** Разработке и описанию моделей деятельности человека в эргатических системах посвящено достаточно большое количество работ, например, [1 – 3 и др.]. Ряд работ посвящены принципам и теоретическим основам формирования моделей деятельности человека, в других из них рассмотрены модели простых действий или процессов, являющихся элементами сложной деятельности человека. Модели сложных систем формируются, как правило, на основе применения теории систем массового обслуживания. Такие модели позволяют получить обобщенные характеристики системы и ее «человеческого» звена (среднее время обслуживания заявок, вероятность обслуживания и т.д.). Вместе с этим достоверность исследований эргатических систем во многом зависит от степени детального рассмотрения деятельности человека в системе. Разработка и внедрение в практику статистических имитационных моделей сложной деятельности оператора стало возможным в условиях использования достижений современных информационных технологий.

**Цель статьи.** Разработка метода моделирования для анализа деятельности оператора систем управления сложными динамическими объектами.

### Основной материал

За основу метода формирования модели деятельности оператора предлагается взять метод поэтапного моделирования [4, 5]. Разработку модели деятельности оператора предлагается начать с анализа общей структуры его деятельности [6]. При моделировании деятельности оператора будем стремиться провести не внешнее копирование, а психологическое соответствие модели и реальных процессов принятия решения [5]. 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 (рис. 1). Интерпретация вершин и дуг данной модели представлены в табл. 1.

Таблица 1

Интерпретация вершин модели деятельности оператора

События	Содержание события
1	Начало работы оператора
...	...
7, 8, 9	Решение принято
10	Кнопка подтверждения нажата
11	Решение задачи завершено

Опыт разработки модели дает основание для формирования подходов моделирования деятельности оператора. При разработке модели представленной на рис. 1 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.).

Основные операции, выполняемые оператором, представляют собой совокупность последовательно выполняемых элементарных действий (ЭД) (время их выполнения -  $t_{эд}$ ). При работе с информационными моделями (ИМ) к наиболее часто выполняемым ЭД относятся: поисковые движения глаз оператора, фиксация взгляда, восприятие и оценка критических объектов (формуляров, знаков и т.д.). Поэтому для оценки среднего времени выполнения нескольких ЭД ( $t_0$ ) можно использовать сумму значений  $t_{эд}$ .

Важно отметить, что из-за воздействия большого числа факторов объективного и субъективного характера  $t_{эд}$  и  $t_0$  являются случайными величинами. Поэтому в интересах повышения достоверности оценок показателей выполнения отдельных операций используем распределения вероятностей оценок  $t_{эд} - f(\tau)$ . Результаты многих исследований, например, [7, 8], свидетельствуют о том, что  $f(\tau)$ , как правило, усеченное ( $\tau \geq t_1, \tau \leq t_2$ ) несимметричное унимодальное распределение. Практика показывает, что одни и те же опытные распределения чаще всего аппроксимируются разными законами  $f(\tau)$  (усеченное нормальное, гамма-распределение и т.д. [5]).

В [6] на основе анализа статистического материала предпочтительнее отдано упрощенной математической модели бета распределения следующего вида:

$$p(\tau) = \frac{12}{(t_2 - t_1)^2} (\tau - t_1)(t_2 - \tau)^2. \quad (1)$$

Такое распределение асимметрично и ограничено снизу ( $t_1$ ) и сверху ( $t_2$ ), что в полной мере соответствует реальным процессам выполнения операций. Для задания априорной плотности бета распределения достаточно задать  $t_1$  и  $t_2$ . Математическое ожидание времени выполнения операции и дисперсия равны

$$\bar{t} = \frac{3t_1 + 2t_2}{5}, \quad D = 0,04(t_2 - t_1)^2. \quad (2)$$

Для оценок  $t_{эд}$  используем распределение (1). Однако в существующей реальности на время  $t_{эд}$  оказывает влияние множество факторов. Так использование выражения (1) при определении текущего модельного значения  $t_{эд}$  возможно в некоторых идеализированных условиях. В силу этого полученные результаты будут соответствовать идеализированным представлениям об операторе и условиях его работы. Для более полного учета факторов влияющих на  $t_{эд}$  необходимо учитывать и такие факторы как: стресс, текущее время суток, усталость, продолжительность рабочей активности, уровень шума в помещении и др. Если провести анализ этих факторов, то можно сделать вывод о том, что они могут негативно влиять на деятельность оператора, а именно изменять  $t_{эд}$ . В свою очередь, учет влияния на изменение данного показателя скажется на общем времени решения задач управления. При этом повысится адекватность описания деятельности оператора за счет увеличения числа учитываемых факторов. Для этого предлагается проводить пересчет значений для  $t_1$  и  $t_2$  при описании ЭД в разрабатываемой модели. Пересчет этих значений будем производить с использованием следующей модели (рис. 2).

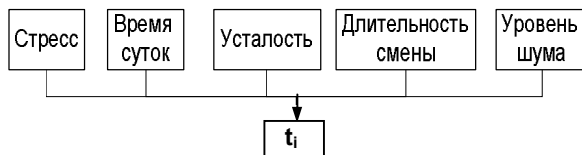


Рис. 2. Модель изменения времени выполнения ЭД в имитационной модели

Используя приведенную модель можно получить следующее выражение для вычисления времени выполнения ЭД:

$$t_i = t_{эд} + k_c + k_{ic} + k_y + k_{cm} + k_{ш}, \quad (3)$$

где  $t_{эд}$  - эталонное значение  $t_{эд}$ ,  $k_c$  - коэффициент влияния стресса на время выполнения деятельности, данный коэффициент может принимать как положительные, так и отрицательные значения;  $k_{ic}$  -

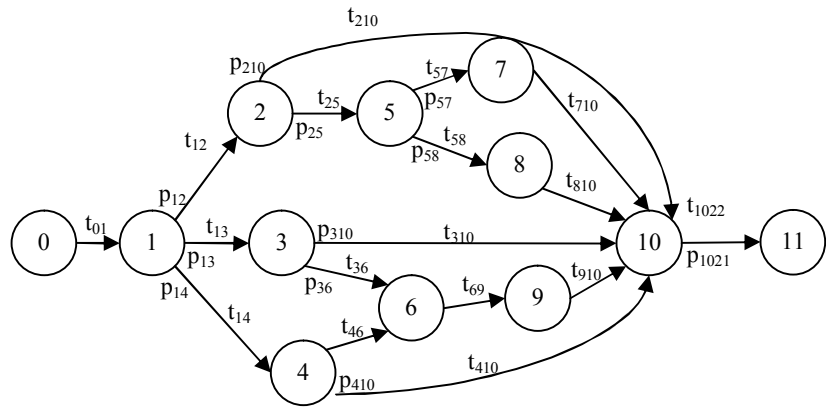


Рис. 1. Модель деятельности оператора

коэффициент влияния времени суток на быстродействие оператора;  $k_y$  - коэффициент усталости;  $k_{cm}$  - коэффициент, зависящий от длительности смены оператора;  $k_{ш}$  - коэффициент шумового комфорта работы оператора. Также необходимо отметить, что значения представленных коэффициентов могут зависеть друг от друга. Например,  $k_y$  будет зависеть от  $k_{ic}$ ,  $k_{cm}$  и  $k_{ш}$ . Этот факт необходимо учитывать при вычислении значения  $t_i$ .

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 связанных 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.

## Выводы

Предложенный метод моделирования деятельности оператора является эмпирическим и требует разработки математического описания и исследования предложенной модели. При этом обеспечивается достаточный уровень детализации отдельных сторон деятельности оператора при сохранении целостного представления о процессе его деятельности и характерных особенностях психологической и моторной деятельности оператора.

Метод деятельности оператора может быть использован при:

1. Обеспечении научно-исследовательского проектирования 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. Обосновании 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 литературы

1. Венда В.Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации / В.Ф. Венда. – М.: Машиностроение, 1975. – 396 с.
2. Герасимов Б.М. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта / Б.М. Герасимов, В.А. Тарасов, И.А. Токарев. – К.: Наук. думка, 1993. – 184 с.
3. Разработка метода адаптивного управления информационными моделями в подсистеме информационного обеспечения процесса принятия решения по управлению сложными динамическими системами / Б.И. Низиенко, М.А. Павленко, С.Г. Шило, П.Г. Бердник // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 11 (39). – С. 126-132.
4. Павленко М.А. Метод анализа деятельности оператора автоматизированных систем управления воздушным движением / М.А. Павленко, П.Г. Бердник, Ю.И. Хромов // Системы обработки информации. – Х.: ХУ ПС, 2007 – Вып. 1(59). – С. 78-81.
5. Пятков Ю.П. Организация управления военно-техническими системами / Ю.П. Пятков. – Х.: ХВУ, 1997. – 205 с.
6. Метод разработки системы информационного обеспечения процессов оценки состояния объектов управления оператором / Ю.П. Пятков, М.А. Павленко, П.Г. Бердник, О.С. Бодяк, В.Н. Руденко // Збірник наукових праць ХУ ПС, вип. 4(4). – Х.: ХУПС, 2006. – С. 88-94.
7. Серета Г.К. Инженерная психология / Г.К. Серета, Г.В. Бочаров, Г.В. Репкина. – К.: Вища школа, 1976. – 307 с.
8. Хрестоматия по инженерной психологии / Сост.: Б.А. Душков, Б.Ф. Ломов, Б.А. Смирнов / Под ред. Б.А. Душкова. – М.: Высш. Шк., 1991. – 287 с.
9. Анохин А.Н. О возможности применения CASE-технологии в задачах моделирования деятельности оператора / Диагностика и прогнозирование состояния объектов сложных информационных интеллектуальных систем // Сб. научн. Тр. №13 кафедры АСУ;/ под общ. ред. В.А. Острейковского. – Обнинск-Сургут: ИАТЭ-СГУ, 1999. – С. 130-135.

Поступила в редколлегию 8.11.2013

**Рецензент:** канд. техн. наук проф. Б.И. Низиенко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## РОЗРОБКА МЕТОДУ ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ СКЛАДНИМИ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

О.С. Бодяк

У статті запропоновано підхід до процесу розробки методу формування моделі діяльності оператора систем управління складними динамічними об'єктами що враховує завдання, які вирішуються оператором, специфіку його діяльності, зовнішні умови і його психофізіологічні особливості. Метод призначений для розробки імітаційних моделей при проведенні експериментальних досліджень діяльності оператора.

**Ключові слова:** системи управління, моделювання, діяльність оператора.

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

O.S. Bodiak

The article suggests an approach to process of developing method of forming a model of operator control systems for complex dynamic objects, taking into account the specific problems solved by the operator, the external environment and its physiological characteristics. The method is intended for the development of simulation models for experimental research activities the operator.

**Keywords:** control systems, modeling, operator activities.

