

УДК 681.51:623.592

Максим Анатольевич Павленко (д-р. техн. наук, старший преподаватель кафедры)¹

Александр Иванович Тимочко (д-р. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник)¹

Григорий Сергеевич Степанов (канд. воен. наук, доцент кафедры)²

Вадим Геннадиевич Чернов (преподаватель кафедры)¹

¹*Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков¹*

²*Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев²*

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТРЕНАЖЕРНЫХ СИСТЕМ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ АСУ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Управление динамическими объектами с использованием автоматизированных систем управления определяет необходимость подготовки операторов АСУ высокой квалификации. В статье рассмотрены принципы построения тренажных систем подготовки операторов АСУ с использованием интеллектуальных информационных технологий для повышения качества их подготовки. Использование интеллектуальных информационных технологий позволит расширить круг решаемых задач, разнообразить условия проведения тренажей, адаптивно контролировать и урегулировать сложность решения контрольных задач, а также формировать и корректировать индивидуальные программы подготовки обучаемых с учетом их знаний, опыта и навыков.

Ключевые слова: оператор АС, тренажерный комплекс.

Постановка проблемы

При разработке современных автоматизированных систем управления (АСУ) динамическими объектами (самолетами, космическими кораблями, судами и др.) возникает большое количество нерешенных задач. Одной из важнейших является задача обеспечения высокой эффективности взаимодействия операторов с АСУ в процессе реализации функций управления [1].

При автоматизированном управлении динамическими объектами на первый план выходит проблема формирования необходимого уровня профессиональной подготовки человека-оператора [2].

Проблема повышения эффективности профессиональной подготовки операторов АСУ по управлению динамическими объектами (ДО) становится все более актуальной. Повышение важности роли операторов АСУ, связанное с необходимостью управления динамическими объектами в более сложных условиях, остро ставит проблему совершенствования методических и технических средств подготовки операторов [2].

Оператор принимает, как правило, наиболее сложные и ответственные решения по управлению ДО, причем от правильности его действий, умения своевременно найти и реализовать правильное допустимое решение в сложной ситуации зависит не только эффективность выполнения задач, но в ряде случаев целостность самого ДО и жизнь людей [2].

Наиболее эффективным средством профессиональной подготовки операторов АСУ являются тренажеры, обеспечивающие искусственное воспроизведение условий и факторов, которые имеют место в процессе работы оператора по управлению реальным ДО [2].

В отличие от автоматических систем, где человек полностью исключен из контура

управления, АСУ предполагает активное участие человека в процессе управления, что обеспечивает необходимую гибкость и адаптивность системы управления. Автоматизация управления ДО существенно расширяет возможности оператора по своевременному решению задач управления, при этом сам оператор становится наименее надежным звеном при реализации процесса управления. В процессе работы на автоматизированном рабочем месте оператор может допускать ошибки [4, 5, 6], которые существенно снижают качество и оперативность его работы.

Исследования показывают [1, 3-6], что более половины ошибочных действий операторов и предпосылок к нештатным ситуациям, классифицируются как “неграмотная” эксплуатация и совершаются из-за недостаточных знаний сущности процессов, происходящих во время работы системы, или недостаточного понимания последствий, вызываемых неправильными действиями оператора.

Поэтому при проектировании тренажеров для подготовки операторов АСУ по управлению ДО, должны быть реализованы такие основные составляющие их деятельности:

- условия работы операторов;
- внешняя среда функционирования ДО;
- обучение, контроль и оценка действий операторов.

Анализ литературы. В исследованиях последних лет проблемам модернизации и создания тренажно-моделирующих комплексов различного назначения и методологическим принципам создания интегрированной учебно-тренировочной системы подготовки уделено внимание в работах [7-9].

Принципы построения тренажеров различного назначения и эффективность использования тренажеров для профессиональной подготовки

персонала рассматривались в работах [10-15, 19, 20].

Проблеме повышения качества профессиональной подготовки авиадиспетчеров за счет реализации индивидуального подхода к обучению с использованием процедурных тренажеров уделено внимание в работах [16-18], где исследовались вопросы разработки независимых автоматизированных средств регистрации, анализа и оценки действий авиадиспетчеров и применение их на тренажерах управления воздушным движением (УВД).

Однако проблема усовершенствования профессиональной подготовки операторов АСУ ДО, в том числе с использованием тренажеров, тренажерных систем для формирования умений и навыков в сложной обстановке остается недостаточно исследована. Не рассмотрены вопросы проектирования и разработки перспективных тренажерных систем для профессиональной подготовки операторов АСУ ДО, которые позволят не только формировать навыки и умения в автоматизированном управлении динамическими объектами, но и способны анализировать, контролировать и оценивать их действия, задавать различные уровни сложности упражнений и варьировать их содержание.

Целью работы является определение направлений повышения эффективности профессиональной подготовки операторов АСУ ДО при использовании интеллектуальных технологий проектирования тренажерных систем.

Основная часть

Рассмотрим основные принципы построения тренажеров.

В зависимости от назначения на тренажеры могут возлагаться самые различные задачи: первоначальное обучение операторов, их переучивание и тренировки по поддержанию навыков, профессиональный отбор, решение задач проектирования, исследования оборудования и систем управления объектов, отработка методик управления ими, методик и программ обучения операторов, а также отработка задач операторской деятельности на различных этапах управления ДО [2]. Конкретные задачи, возлагаемые на тренажер, зависят от целей его создания.

Рациональное построение тренажерных комплексов требует применения специальных технологий, обеспечивающих информационное, аппаратное и программное сопряжение тренажерных

средств, многократное, экономически рентабельное использование ресурсов, возможность постоянной модернизации тренажеров и расширение их состава.

Для обеспечения формирования и совершенствования у операторов профессиональных навыков и умений по управлению ДО на тренажеры возлагаются следующие основные задачи [1]:

моделирование в регулируемом (замедленном, реальном, ускоренном) масштабе времени функционирования объекта (динамики его поведения) и внешней обстановки в средствах наблюдения объекта в соответствии с управляющими воздействиями обучающегося оператора в нормальных и критических режимах;

моделирование физических факторов рабочей среды, вызывающих у обучаемых ощущения, адекватно связанные с алгоритмом их деятельности;

управление процессом обучения и тренировки; контроль, оценка и регистрация деятельности операторов в процессе обучения и тренировки;

воспроизведение информации, зафиксированной в процессе обучения и тренировки, с возможностью временной остановки, возврата на любой предыдущий этап обрабатываемой задачи.

Тренажер должен обеспечивать идентичность восприятия информации и пространственно-временных характеристик управляющих воздействий обучаемого на тренажере и на реальном объекте, широкий диапазон воспроизводимых в тренировочных упражнениях условий и ситуаций, гибкую перестройку на выполнение различных задач.

Выполнение указанных задач и требований обеспечивается соответствующим структурным построением тренажера.

Аппаратный состав конкретных тренажеров определяется, прежде всего, их назначением, принятыми методами подготовки и спецификой объектов управления, для которых готовятся операторы. Однако, несмотря на большое разнообразие указанных факторов и различие конструктивных и схемных особенностей отдельных тренажеров их структуры идентичны.

С учетом наиболее существенных задач, которые должны быть реализованы на тренажере, его можно представить как систему, состоящую из оператора АСУ (операторов), автоматизированного рабочего места оператора (АРМО АСУ), моделирующего устройства (МУ), аппаратуры контроля и оценки действий обучаемых (АКО) и инструктора, а также связей между ними (рис. 1) [2].

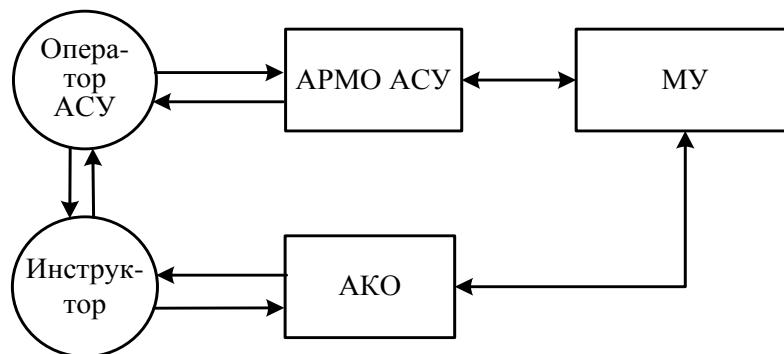


Рис. 1. Обобщенная структура тренажера

Основным элементом этой структуры является АСУ, на котором воссоздаются условия автоматизированное рабочее место оператора имитируемого процесса. Автоматизированное

рабочее место оператора АСУ представляет собой выполненный в натуральную величину макет рабочей зоны реального объекта или сам реальный объект. На АРМО устанавливаются все необходимые органы управления, средства отображения и средства связи, которыми пользуется оператор при управлении реальным объектом.

В качестве моделирующего устройства используется, как правило, вычислительная система (ВС). На основе программно реализуемой модели объекта и его систем рассчитываются параметры, которые необходимы для имитации условий протекания реального процесса. Эти параметры выводятся на средства отображения АРМО АСУ. Управляющие воздействия оператора являются входными параметрами моделей.

Программное обеспечение, выполняющееся на вычислительных средствах ВС, целесообразно структурировать по задачам. Например, такие задачи, как управление работой моделей систем в реальном времени, управление режимами тренажера, организация транспорта данных между прикладными программными модулями, являются фактически универсальными, то есть не зависящими от специфики моделируемого объекта. Все подобные задачи имеет смысл выделить и реализовать их в отдельном пакете программ общего математического обеспечения тренажера (ОМО). Поскольку ОМО не зависит от специфики моделируемого объекта, то, фактически, его можно считать принадлежностью ВС. Совокупность прикладных модулей, реализующих специфические задачи тренажера и работающие под управлением ОМО, назовем специальным математическим обеспечением (СМО). Помимо ОМО и СМО, в состав тренажера часто включается тестовое программное обеспечение (ТПО), предназначенное в частности для контроля целостности систем и работоспособности оборудования в период эксплуатации тренажера [1].

Важнейшими составляющими СМО типового тренажера являются:

модель объекта автоматизированной системы управления (состоящую из аппаратной части, математической части имитирующей логику работы объекта АСУ, интерфейс оператора);

модель объекта управления;

модель среды;

система имитации обстановки.

Если задачи подготовки операторов предусматривают наличие развитых средств

поддержки учебного процесса с использованием тренажера, то создается система управления тренировками (СУТ). В эту систему могут входить:

пульт контроля и управления (ПКУ) с несколькими рабочими местами инструкторов;

программное обеспечение управления тренировочным процессом с интерфейсом пользователя;

подсистема автоматического контроля операторской деятельности (АКОД);

программное обеспечение подготовки упражнений, регистрации и анализа его результатов;

информационно-справочная система по штатному объекту и тренажеру.

Связь между рабочими местами на тренажере обеспечивает система связи (СС). На нее возлагаются следующие задачи:

имитация связи между объектами управления;

имитация связи “объект управления - оператор АСУ”, а также между оператором и ПКУ);

обеспечение персонала, проводящего тренировку, ремонтно-технологической связью, которая могла бы функционировать параллельно существующим каналам связи.

По мнению авторов [1, 2], несмотря на отмечающуюся специфику задач подготовки операторов, типичный тренажер для их профессиональной подготовки может быть реализован в соответствии со структурой, представленной на рис. 2.

Однако при проектировании тренажеров недостаточно обращается внимание на процесс обучения операторов, а именно на систему управления качеством профессиональной подготовки операторов АСУ динамическими объектами (подсистему автоматического контроля операторской деятельности (АКОД) смотри рис.2.).

Контроль операторской деятельности имеет своей целью, во-первых, производить оценку действий операторов относительно требований к выполняемым заданиям, во-вторых, обеспечивать выявление причин неправильных действий операторов или действий, которые могут быть следствием недостаточного обучения и, в-третьих, определения степени их подготовленности к реальным условиям, а также момента их готовности к переходу от одной тренировочной задачи к другой [1].

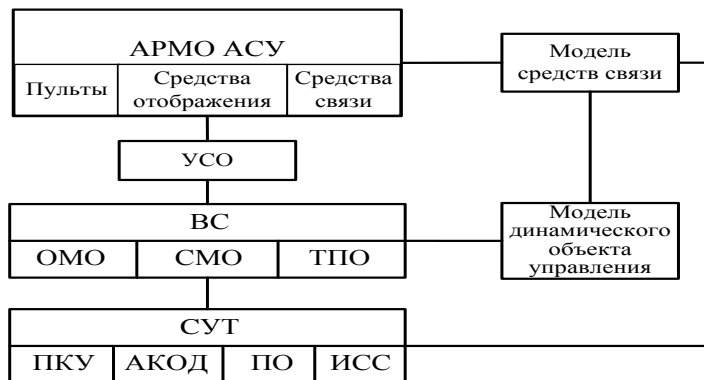


Рис. 2. Типовая структура тренажера для подготовки операторов АСУ динамическими объектами

Чем глубже осуществляется на тренажере анализ результатов действий операторов и чем более осмысленно выполняются ими поставленные задачи, тем успешнее развиваются их способности грамотно выполнять функциональные обязанности. Эта задача эффективно решается путем оптимизации процесса обучения на основе количественного анализа функционирования системы тренажер-оператор и параметров, фиксируемых в процессе проведения тренировок. Для этого в тренажерах и тренажерных комплексах, как правило, обеспечивается возможность запоминания результатов подобного анализа и накопления данных с целью отражения существующих взаимосвязей между различными показателями функционирования, качеством выполнения задач и результатами обучения. Для этого в составе тренажеров создается автоматизированная система оценки операторской деятельности [1, 15].

На рис. 3 представлена общая схема модели информационных потоков автоматизированной системы управления качеством подготовки операторской деятельности на тренажере для профессиональной подготовки операторов АСУ.

Рассмотрим информационные потоки, протекающие во время входного контроля работы

системы в процессе обучения операторов АСУ. На первоначальном этапе подготовки (переподготовки, переучивания, повышения квалификации) операторов необходимо выявить их уровень профессиональной подготовки для формирования стратегии обучения. Для этого в систему заносятся персональные данные оператора, и формируется набор индивидуальных заданий для отработки их действий на тренажере. Формирование набора индивидуальных заданий предполагает решение многокритериальной задачи оптимизации по формированию набора тестов, осуществить которое возможно с использованием аппарата генетических алгоритмов [23]. При формировании индивидуального набора тестовых заданий необходимо учитывать: персональные данные оператора, уровень сложности тестов, время их выполнения, валидность и другие характеристики [1, 2, 21]. В процессе тестирования осуществляется оперативный контроль, при котором регистрируются воздействия оператора на пультовое оборудование АРМ, определяются логические, операционные и временные отклонения действий оператора (превышение времени выполнения операций, длительное бездействие).

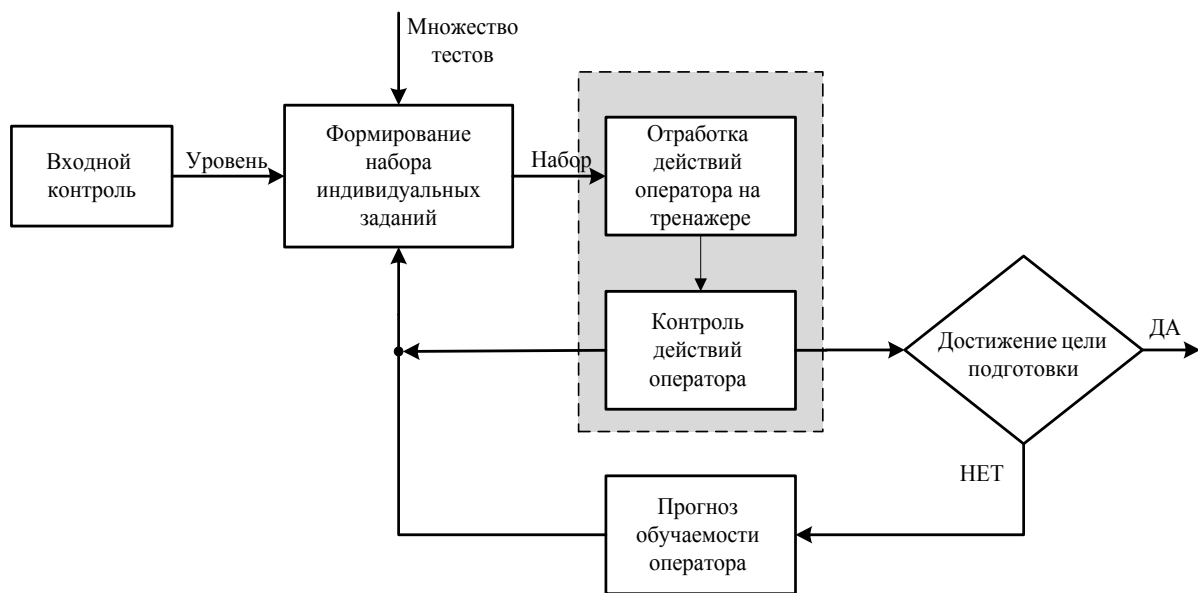


Рис. 3. Общая схема модели информационных потоков автоматизированной системы управления качеством подготовки операторской деятельности на тренажере

В результате все отклонения действий оператора сравниваются с теми действиями, которые регламентированы в данной системе управления ДО. При этом выявляются нарушения последовательности действий, невыполненные обязательные или выполненные недопустимые действия. Временные отклонения также фиксируются, особенно если различие между нормативным (по инструкции) и фактическим временем выполнения той или иной команды превышает допустимый временной интервал.

По результатам входного контроля по выполнению отдельных операций и этапов решаемой операторами задачи формируется стратегия их обучения, и рассчитывается прогноз обучаемости, что делает возможным реализацию

индивидуального подхода к подготовке операторов АСУ.

После определения уровня подготовки и формирования стратегии обучения происходит процесс ситуационного адаптивного формирования среды обучения оператора в процессе тренажерной подготовки путем его интеллектуализации с использованием нечетких искусственных нейронных сетей [24].

Более детально процесс ситуационного адаптивного формирования среды обучения тренажерной подготовки представлен на рис. 4.

В начале обучения операторов АСУ, исходя из стратегии подготовки, формируется перечень типовых задач для отработки их на тренажере. В дальнейшем оператор приступает к отработке

своих действий. Процесс контроля действий оператора АСУ по своей структуре не изменится, но в зависимости от характера решаемых задач, правильности и эффективности действий

операторов глубина и масштабы его проведения могут быть различными. Процесс контроля нами был рассмотрен выше.

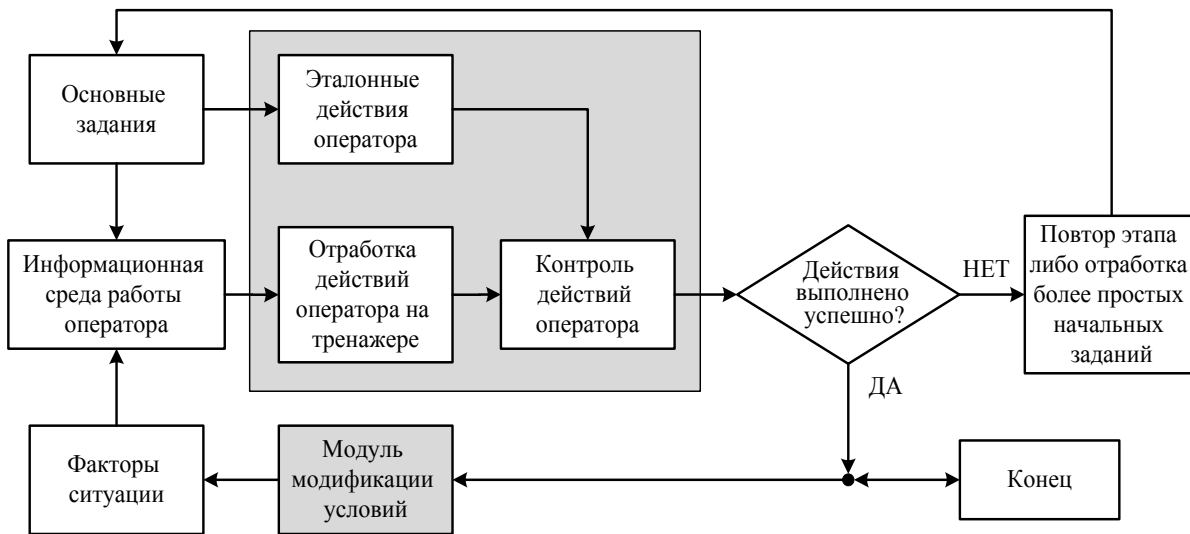


Рис. 4. Ситуационное адаптивное формирование среды обучения оператора в процессе тренажерной подготовки

Однако по мере приобретения (повышения) необходимых навыков операторов АСУ тренажерные средства должны обеспечивать модификацию условий проведения тренировок. Параметры условий и ситуаций должны изменяться в наиболее вероятном диапазоне, как в целях оптимизации объема информации, предъявляемого оператору на различных этапах подготовки, так и с целью формирования гибких, адаптивных навыков, которые могут быть использованы в прогнозируемых реальных условиях его деятельности [15].

Поэтому, тренажер должен позволять инструктору изменять ситуации, вводить новые или дополнительные условия, усложняющие управление объектом или создающие помехи, а также формировать упражнения дозированно-прогрессирующей сложности. При этом навыки ранжируются по значимости; характер задач, выполняемых в процессе тренировки, индивидуализирован с учетом функциональных обязанностей и возможностей оператора.

Выходные и промежуточные результаты контроля деятельности операторов АСУ заносятся в базу данных результатов тренировки и после отработки комплекса типовых задач автоматизированная система управления качеством подготовки операторов должна определить степень подготовленности операторов АСУ к работе на реальном объекте или их готовность к переходу на отработку другой

тренировочной задачи. Кроме того в случае невыполнения какой-либо типовой задачи система должна сформировать индивидуальную программу подготовки с учетом способностей оператора, его навыков и умений, а также спрогнозировать его дальнейшее обучение анализируя результаты предыдущей работы.

Выводы

В целях повышения эффективности обучения при подготовке операторов на тренажерах должен предусматриваться постоянный контроль действий операторов, в том числе процесс восприятия ситуации оператором, его осмысливания, формирования необходимых навыков, а также психофизиологического состояния оператора при решении им поставленной задачи. Контроль и оценка операторской деятельности позволяет осуществлять обратную связь, давая возможность оценивать степень достижения поставленных целей, корректировать последующую программу обучения, делать заключение об уровне подготовленности оператора к практической работе на реальных объектах.

Поэтому дальнейшие исследования необходимо направить на разработку автоматизированной системы оценки операторской деятельности, в которую включены средства регистрации, анализа, оценки действий оператора, модификацию условий проведения тренировок и их применение на тренажерах.

Литература

1. Тренажерные комплексы и тренажеры : технологии разработ. и опыт эксплуатации / [В. Е. Шукшунов, В. В. Циблиев, С. И. Потоцкий и др.]; под ред. В. Е. Шукшунова. – М. : Машиностроение, 2005. – 383 с.
2. Шукшунов В. Е., Бакулов Ю. А., Григоренко В. Н. Тренажерные системы. – М.: Машиностроение, 1981. – 256 с.
3. Медведев В. П. О требованиях к тренажерам с позиций системно-педагогического подхода //

Тренажеры в формировании профессиональных навыков при подготовке специалистов. Тезисы докладов 1 Всесоюзного НТС. – М.: ВСНТО, 1979. – 37 с.
4. Исследование психофизиологических особенностей работы офицеров боевого управления на командных пунктах фронтовой авиации: Отчет по НИР / Научн. рук. А. А. Меденков, отв. исп. О. Н. Рыбников. — шифр “Плацкарта”. М., 1989. – 55 с.
5. Циркуляр ИКАО 314-

АН/178. Контроль факторов угрозы и ошибок (КУО) при управлении воздушным движением, 2008.

6. Человеческий фактор при управлении воздушным движением // Человеческий фактор: Сб. материалов № 8. – Циркуляр ИКАО 241-АН/145. – Монреаль, Канада, 1994. – 44 с.

7. Дослідження модернізації навчально-тренувальних засобів і навчального обладнання в інтересах реалізації концепції підготовки військ: Звіт про НДР “Тренажер” / Київ. ін-т автоматики. – К., 2001. – 255 с.

8. Руснак І. С., Шевченко В. Л. Проблеми модернізації та створення тренажно-моделювальних комплексів військового призначення // Наука і оборона. – 2002. – № 1. – С. 26–32.

9. Руснак І. С., Шевченко В. Л., Артемов Ю. І. Методологічні засади створення інтегрованої навчально-тренувальної системи оперативної та бойової підготовки військ // Наука і оборона. – 2002. – № 2. – С. 29–35.

10. Бичаев Б. П., Зеленин В. М., Новик Л. И. Морские тренажеры. Л.: Судостроение, 1986. – 284 с.

11. Красовский А. А. Основы теории авиационных тренажеров. М.: Машиностроение, 1995. – 304 с.

12. Недзельский И. И. Морские навигационные тренажеры: проблемы выбора. СПб., ГНЦ РФ - ЦНИИ “Электроприбор”, 2002. – 220 с.

13. Костылев И. И., Денисенко Н. И., Петухов В. А. Тренажерно-обучающая подготовка судовых специалистов // Сб. Эксплуатация морского транспорта. Вып. 44 / Под ред. П. С. Емельянова. – СПб.: Наука, 2005. – С. 31–37.

14. Автоматизированные обучающие системы профессиональной подготовки операторов летательных аппаратов / Л. С. Демин, Ю. Г. Жуковский, А. П. Семенихин и др. / под ред. В. Е. Шукшунова. М.: Машиностроение, 1986. – 240 с.

15. Шукшунов В. Е., Потоцкий С. И., Фоменко В. В., Безруков Г. В. Опыт и новые концепции разработки тренажных комплексов

для подготовки космонавтов // Авиакосмическое приборостроение, № 9, 2003. С. 59–64.

16. Паленный А. С. Разработка алгоритма автоматизированной оценки действий авиадиспетчеров на тренажерах обслуживания воздушного движения / А. С. Паленный // Наукові праці академії. – вип. XI / за ред. Р. М. Макарова – Кіровоград: ДЛАУ. – 2006. – С. 118–130.

17. Паленный А. С. Применение мультиагентного подхода для реализации автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на комплексных тренажерах обслуживания воздушного движения / А. С. Паленный // Наукові праці академії. – вип. XII / за ред. Р. М. Макарова. – Кіровоград: ДЛАУ, 2007. – С. 311–324.

18. Неделько С. Н. Разработка системы критериев оценки для автоматизированного анализа действий авиадиспетчеров на тренажерах обслуживания воздушного движения / С. Н. Неделько, В. А. Григорьевский, А. С. Паленный // Наукові праці академії. – вип. IX / за ред. Р. М. Макарова – Кіровоград: ДЛАУ, 2005. – С. 387–400.

19. Громов Ю.Ю. К вопросу о разработке структуры тренажерных систем подготовки операторов технологических процессов / Громов Ю.Ю., Иванова О.Г., Лагутин А.В. // Фундаментальные основы инженерных наук: Сб. тр. Международной науч. конф., посв. 90-летию со дня рождения Нобелевского лауреата акад. А.М. Прохорова: Москва, 25-27 окт. 2006 г. // Ю.В. Гуляев (главный редактор). – Т. 1. – М.-Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2006. – С. 181.

20. Самойлов В.Д., Березников В.П., Писаренко А.П., Сметана С.И. Автоматизация построения тренажеров и обучающих систем. Отв. ред. Васильев В.В.; АНУССР. Ин-т проблем моделирования в энергетике. Киев: Наук. думка, 1989.

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ СИСТЕМ ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ АСУ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Максим Анатолійович Павленко (д-р техн. наук, старший викладач кафедри)¹
Олександр Іванович Тимочко (д-р техн. наук, доцент, провідний науковий співробітник)¹
Григорій Сергійович Степанов (канд. військ. наук, доцент кафедри)²
Вадим Геннадійович Чернов (викладач кафедри)¹

¹*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків*
²*Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ*

Управління динамічними об'єктами з використанням автоматизованих систем управління визначає необхідність підготовки операторів АСУ високої кваліфікації. У статті розглянуті принципи побудови тренажерних систем підготовки операторів АСУ з використанням інтелектуальних інформаційних технологій для підвищення якості їх підготовки. Використання інтелектуальних інформаційних технологій дозволить розширити коло вирішуваних завдань, урізноманітнити умови проведення тренажів, адаптивно контролювати і регулювати складність вирішення контрольних завдань, а також формувати і коригувати індивідуальні програми підготовки учнів з урахуванням їх знань, досвіду та навичок.

Ключові слова: оператор АСУ, тренажерний комплекс.

PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF ACS OPERATOR TRAINING PERSPECTIVE SIMULATOR SYSTEMS BY DYNAMIC OBJECTS

Maksym Pavlenko (Doctor of Technical Sciences, Senior Teacher of a Department)¹
Olexander Tymochko (Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Research Fellow of a Research Section)¹
Grygorii Stepanov (Candidate of Military Sciences, Associate Professor of a Department)²
Vadym Chernov (Teacher of a Department)¹

¹*Kharkiv Air Force University named after Ivan Kozhedub, Kharkiv*
²*National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv*

Management of dynamic objects using automated control systems defines the need for highly skilled operators ACS. The article describes the principles of the Cosmonauts Training operator training systems using automated intelligent information technologies to improve the quality of their training. The use of intelligent information technologies allow to expand the range of tasks, vary conditions of simulators, adaptive control and regulate the complexity of the control tasks, as well as create and adjust individual training programs for students with regard to their knowledge, experience and skills.

Key words: ACS operator, training complex.