

УДК 621.391

Дата подачи статьи: 08.09.16

DOI: 10.15827/0236-235X.116.149-155

2016. Т. 29. № 4. С. 149–155

НАПРАВЛЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОСВОЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

*А.Н. Потапов, к.т.н., доцент, зам. начальника кафедры, potapov_il@mail.ru
(Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,*

ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, 394064, Россия);

*В.А. Дикарев, д.т.н., профессор, зав. кафедрой, dikva@mail.ru
(Институт математики, информатики и естественных наук
Московского городского педагогического университета);*

*Р.В. Допира, д.т.н., профессор, зав. отделом, rvdopira@yandex.ru
(НПО РусБИТех, пр-т Калинина, 17, г. Тверь, 170001, Россия);*

Ф.Н. Абу-Абед, к.т.н., доцент, aafares@mail.ru;

*Д.В. Мартынов, к.т.н., доцент, idpo@tstu.tver.ru
(Тверской государственной технической университет,
наб. Аф. Никитина, 22, г. Тверь, 170026, Россия)*

В статье рассмотрены вопросы реализации программных средств автоматизированной системы освоения радиоэлектронных комплексов. Предложена архитектура структурной конфигурации данной системы. Для определения факта наличия конфликтов применения радиоэлектронных комплексов и тренажеров предложено в состав автоматизированной системы освоения этих комплексов включить средство радиомониторинга, позволяющее выявлять наличие признака конфликта применения радиоэлектронных комплексов, и средство оценки адекватности тренажера. Разработаны структуры автоматизированных средств определения содержательных компонентов учебных упражнений и учебных планов.

Предложен профессионально-ориентированный комплекс программ автоматизированной системы освоения радиоэлектронных комплексов.

Проведенные экспериментальные исследования адекватности результатов имитационного моделирования в специализированных тренажерах «Марка – РС» и комплексных тренажерах «Репитер» при управлении воздушным движением в ближней зоне аэродрома в целях корректного определения уровня навыков и рационального планирования тренажной подготовки операторов радиоэлектронных комплексов определили новый уровень возможностей автоматизированных систем подготовки операторов радиоэлектронных комплексов по управлению воздушным движением. Разработанные инструментальные средства в виде моделей, структурных схем, а также математического, алгоритмического и программного обеспечения подсистем, входящих в состав автоматизированных систем освоения радиоэлектронных комплексов, обладают не только научной новизной, но и практической значимостью и реализуемостью.

Ключевые слова: автоматизированная система освоения, конфликтоустойчивость, оператор, радиоэлектронный комплекс, комплекс программ, тренажная подготовка.

В современных условиях достижение конфликтостойчивости управления *тренажной подготовкой* (ТП) операторов эрготехнических *радиоэлектронных комплексов* (РЭК) на практике невозможно из-за отсутствия инструментальных средств, позволяющих разрешить конфликт применения РЭК, вызванный четырьмя факторами:

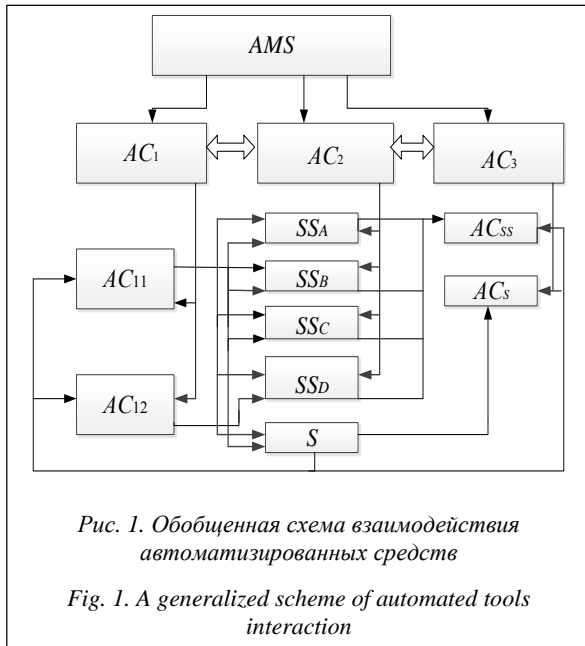
- 1) низкая оперативность корректировки учебных курсов;
- 2) ограниченная адекватность имитируемых процессов;
- 3) низкая достоверность контроля приобретаемых навыков;
- 4) нерациональное использование средств тренажа.

Влияние каждого фактора конфликта можно несколько уменьшить [1, 2]: первого фактора – за счет автоматизации процедур формирования курсов ТП [2], которые обеспечат оперативную корректировку учебных упражнений и учебных планов при изменении условий эксплуатации РЭК с учетом индивидуальных особенностей обучаемых и имею-

щихся в распоряжении средств тренажа; второго – за счет использования тренажеров [3], которые существенно дешевле *штатной техники* (ШТ) и с учетом современного развития вычислительной техники и способов имитационного моделирования могут обеспечить их адекватную адаптацию к изменениям эксплуатации РЭК и уровню подготовленности операторов; третьего – за счет внедрения систем оперативного объективного контроля действий операторов [3]; четвертого – за счет создания *автоматизированной системы* (АС) освоения РЭК [3, 4], в качестве основных элементов которой может использоваться инструментарий, предложенный для разрешения первых трех факторов.

Структура АС освоения РЭК

Реализация представленного инструментария возможна на базе создания автоматизированных средств формирования адаптивных курсов ТП операторов, тренажа операторов и контроля качества подготовленности операторов.

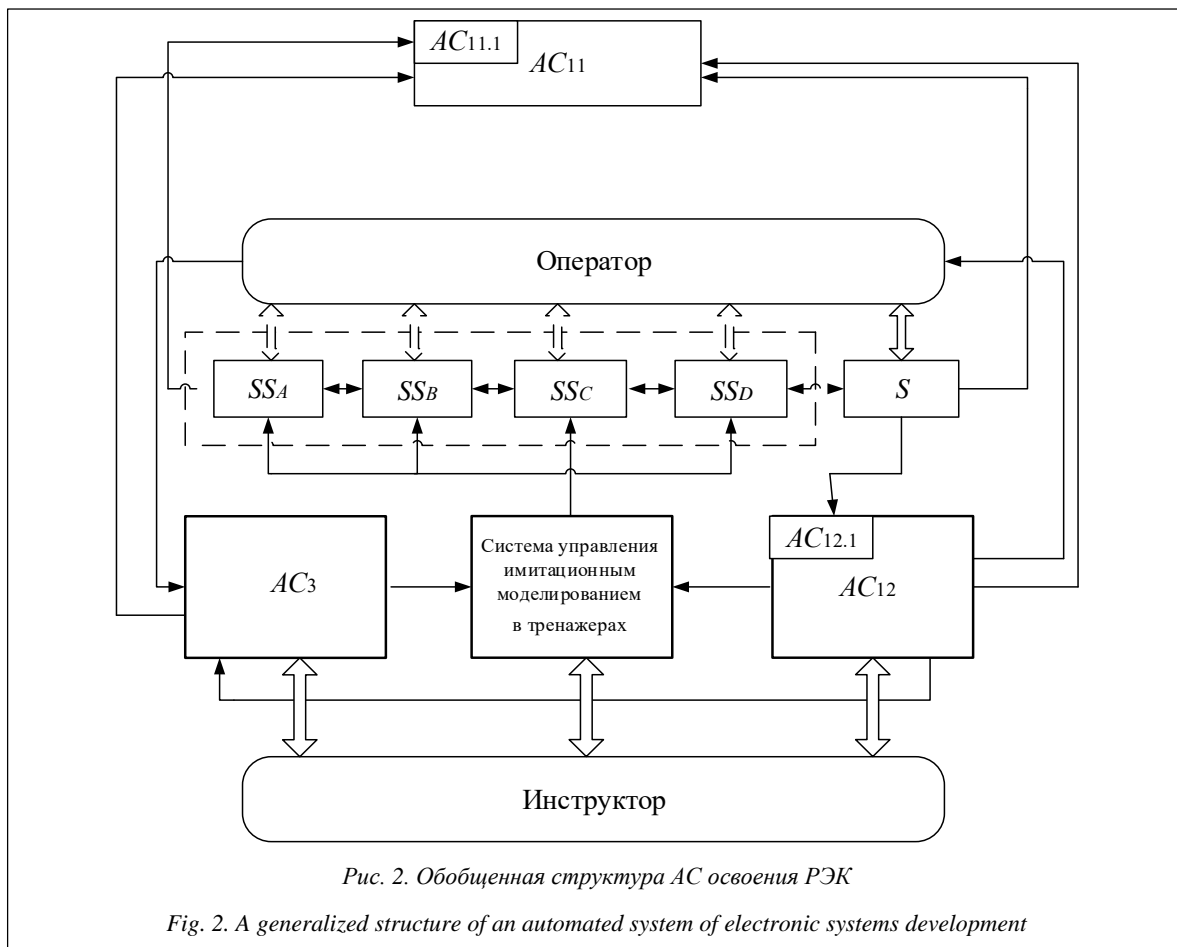


При этом автоматизированные средства тренажа представляют собой множество, состоящее из совокупности различных тренажеров и включающее в свой состав РЭК.

На рисунке 1 изображена обобщенная схема взаимодействия автоматизированных средств в АС

освоения операторами РЭК [5]. На рисунке приняты следующие обозначения: *AMS* – АС освоения РЭК; *AC₁* – автоматизированные средства формирования адаптивных курсов ТП операторов; *AC₂* – автоматизированные средства тренажа операторов; *AC₃* – автоматизированные средства контроля качества подготовленности операторов; *S* – РЭК; *AC₁₁* – автоматизированное средство определения содержательных компонентов учебных упражнений, защищенных от конфликта применения РЭК из-за изменения радиочастотных (РЧ) условий их функционирования; *AC₁₂* – автоматизированное средство определения содержательных компонентов учебных планов, защищенных от конфликта применения тренажеров из-за их ограниченной адекватности; *AC_{ss}* – система оперативного объективного контроля подготовленности операторов на тренажерах; *AC_s* – система оперативного объективного контроля подготовленности операторов на РЭК; *AMS* – АС освоения РЭК; *SS_A* – процедурные тренажеры; *SS_B* – специализированные тренажеры; *SS_C* – комплексные тренажеры; *SS_D* – тренажные режимы РЭК.

Подобное представление *AMS* не учитывает такие важные элементы, как обучаемый (оператор) и обучающийся (инструктор), а также их взаимосвязи. С учетом этого АС освоения РЭК *AMS* должна иметь вид, представленный на рисунке 2.



При такой структуре AMS оператор непосредственно взаимодействует с автоматизированным средством тренажа операторов, обрабатывая требуемый перечень упражнений с заданной для него последовательностью и продолжительностью [5]. Как показано на рисунке 2, перечень упражнений ТП формируется в блоке AC₁₁ с учетом текущего состояния и тенденций изменения РЧ-условий функционирования РЭК.

Сами тренажеры SS адаптируются с помощью системы управления имитационным моделированием в тренажерах в соответствии с данными, поступающими из систем AC₁₁ и AC₃. Инструктор опосредованно взаимодействует с оператором и вносит свои коррективы по организации ТП.

Для определения факта наличия конфликтов применения РЭК и тренажеров предлагается в AC₁₁ и AC₁₂ соответственно включить:

- AC_{11.1} – средство радиомониторинга, позволяющее выявлять наличие признака конфликта применения РЭК;
- AC_{12.1} – средство оценки адекватности тренажера.

В автоматизированном средстве AC_{12.1} реализуется совокупность способов проверки адекватности моделирования в тренажерах, характерной особенностью которых является то, что в них осуществляется не только проверка выполнения нормы годности тренажеров, но и по результатам таких проверок вероятностная оценка степени адекватности имитационного моделирования, используемая для прогноза правильных и ложных навыков. Выбор конкретного способа зависит от условий испытания и сертификации тренажеров.

Структура автоматизированного средства определения содержательных компонентов учебных упражнений

Автоматизированное средство AC₁₁ (модель формирования содержательного компонента учебных упражнений) имеет вид, представленный на рисунке 3, и функционирует следующим образом:

- в автоматизированном средстве AC_{11.1} происходит сравнение принятых (учтенных в учебном упражнении) и текущих (определяемых сред-

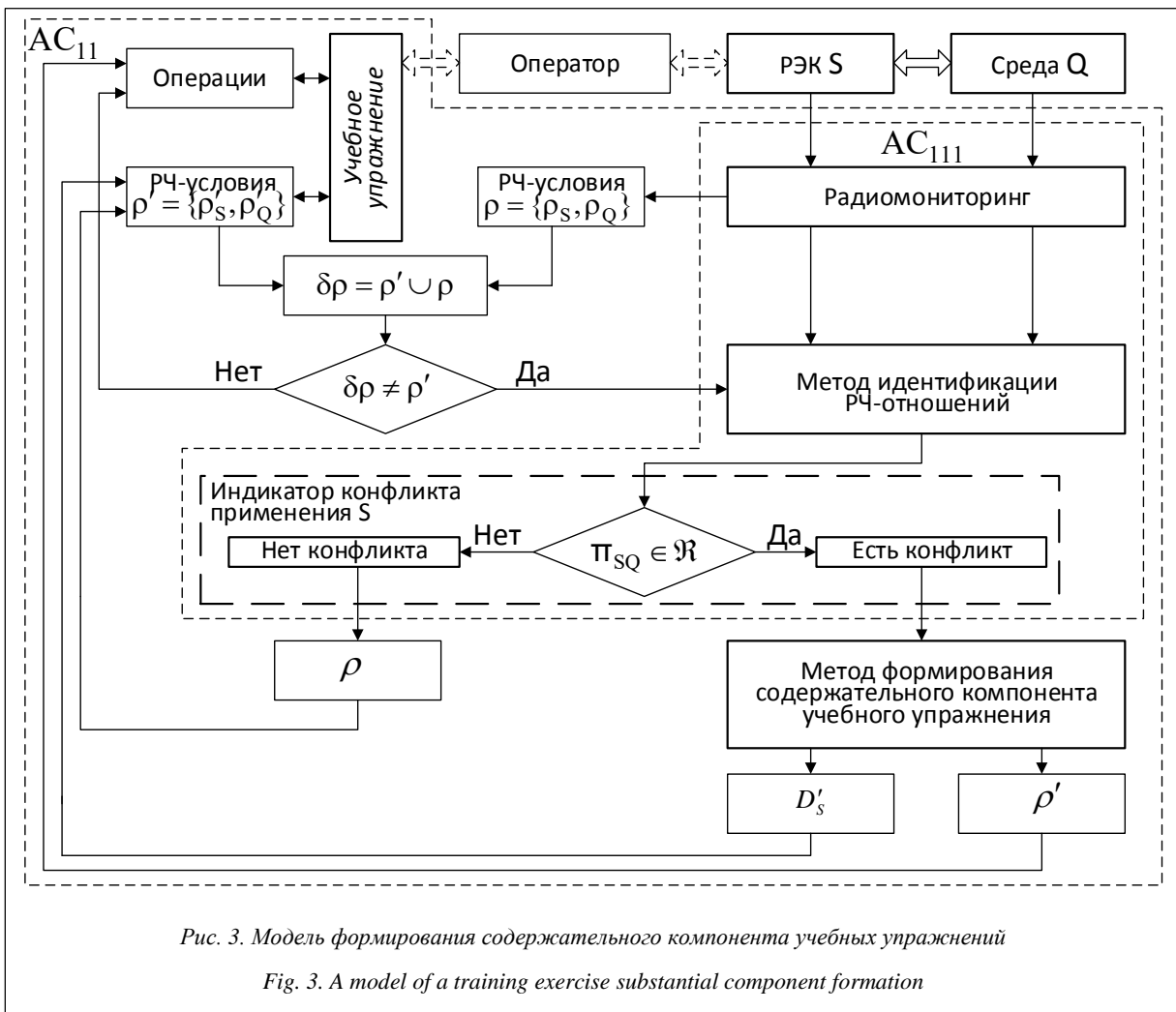


Рис. 3. Модель формирования содержательного компонента учебных упражнений

Fig. 3. A model of a training exercise substantial component formation

ствами радиомониторинга) РЧ-условий функционирования РЭК;

- если между ними нет различия, предписанные операции остаются без изменения, в противном случае происходит идентификация РЧ-воздействий [6];

- если РЧ-воздействия не принадлежат к категории \mathfrak{R} (определяющей снижение функции полезности РЭК), предписанные операции остаются без изменения, а принятые РЧ-условия подстраиваются под текущие, в противном случае происходит индикация *конфликт* [6];

- при срабатывании индикатора *конфликт* на основании способа формирования содержательных компонентов учебных упражнений осуществляются выбор бесконфликтных операций и уточнение РЧ-условий;

- по выбранной операции и уточненным РЧ-условиям функционирования РЭК происходит коррекция соответствующих содержательных компонентов учебного упражнения.

На рисунке 3 приняты следующие обозначения: ρ – множество входов и выходов радиосигналов РЭК в стационарном режиме; ρ' – множество входов и выходов радиосигналов РЭК с учетом динамики изменения РЧ-условий его функционирования; $\delta\rho$ – относительная разность изменения РЧ-условий функционирования РЭК в сравнении со стационарным режимом; $\pi SQ \in \mathfrak{R}$ – РЧ-воздействия на РЭК S среды Q ; D'_S – множество операций (действий оператора) с учетом динамики изменения РЧ-условий.

Структура АС определения содержательных компонентов учебных планов

Структура модели формирования содержательного компонента учебных планов AC_{12} имеет вид, изображенный на рисунке 4. Функционирование автоматизированного средства заключается в следующем.

- В системе $AC_{12.1}$ в зависимости от условий (объективных или субъективных) испытаний и сертификации производится выбор способа вероятностной оценки степени адекватности имитационного моделирования в тренажере. Для объективных испытаний: если структура тренажера и РЭК известна и является иерархической, то используется разработанный в [6] метод *белого ящика* (метод оценки адекватности имитационного моделирования в тренажерах, имеющих иерархическую структуру построения), в противном случае – метод *черного ящика* [6] (метод оценки адекватности имитационного моделирования в тренажерах по их информационному полю). Для субъективных: если имеется достаточное количество экспертов, используется метод *экспертизы* (метод оценки адек-

ватности имитационного моделирования с привлечением экспертов) [6], в противном случае – метод *анкетирования обучаемых* (метод оценки адекватности имитационного моделирования с использованием анкетирования обучаемых).

- Если закон распределения невязок между результатами имитационного моделирования в тренажере и откликами РЭК является нормальным, то в выбранном методе оценка адекватности производится по обобщенному критерию Фишера–Хи-квадрат, в противном случае – по обобщенному закону распределения [3]. Если ошибка оценки адекватности меньше заданной, производятся дополнительные испытания.

- Если оценка адекватности равна единице (что маловероятно), учебный план остается без изменений, в противном случае происходит индикация *конфликт*.

- При срабатывании индикатора *конфликт* осуществляются выбор варианта ТП (средств тренажа) и определение количества тренировок.

- По выбранным средствам тренажа и определенному на каждом средстве количеству тренировок происходит коррекция соответствующих содержательных компонентов учебного плана.

Профессионально-ориентированный комплекс программ АС освоения РЭК

В рамках реализации требований к структурной конфигурации элементов АС освоения РЭК разработан комплекс программ для ЭВМ, в состав которого входят следующие элементы.

Программа определения структуры системных отношений (Strukture SA) [7], предназначенная для автоматизации анализа условий применения систем различного назначения; в программе реализованы алгоритмы, основанные на выявлении ядер конфликта, сотрудничества и безразличия взаимодействия элементов системы и позволяющие определять свойства этих отношений.

Программа оценки адекватности автоматизированной информационной системы освоения эрготехнического комплекса, имеющего иерархическую структуру построения «адекватность АИС и ЭТК-иерархия» [8], предназначенная для оценки адекватности автоматизированных информационных систем подготовки операторов РЭК, имеющих иерархическую структуру.

Программно-ориентированный комплекс оценки адекватности автоматизированных информационных систем освоения эрготехнических объектов управления воздушным движением [9], выполняющий оценку адекватности имитационного моделирования в тренажерах операторов *управления воздушным движением* (УВД) по информационному полю.

Программа определения содержательных компонентов учебных упражнений и учебных планов,

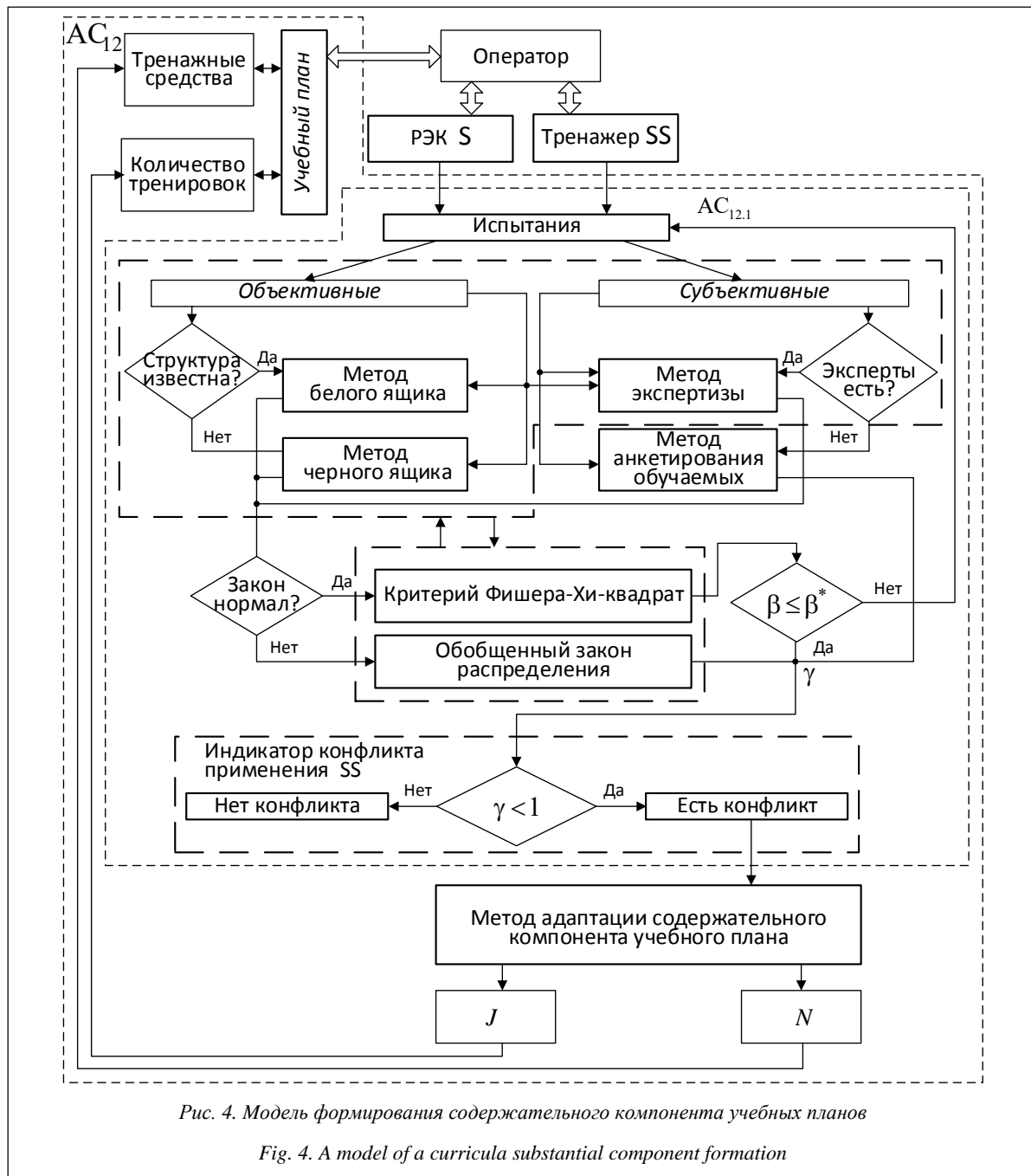


Рис. 4. Модель формирования содержательного компонента учебных планов

Fig. 4. A model of a curricula substantial component formation

разработанная для автоматизации коррекции по выбранным операциям и уточненным РЧ-условиям функционирования РЭС соответствующих содержательных компонентов учебного упражнения, а по выбранным средствам тренажа и определенному на каждом тренажном средстве количеству тренировок – коррекции содержательных компонентов учебного плана в процессе подготовки.

Программа управления планированием ТП специалистов эргодетехнических систем («Информационная конфликтостойчивая автоматизированная система рационального планирования практической подготовки операторов радиоэлектронных объектов УВД»), обеспечивающая автоматизацию

управления планирования ТП операторов с использованием компьютерных систем тренажа. Интерфейс этой программы представлен на сайте (см. <http://www.swsys.ru/uploaded/image/2016-4/2016-4-dop/2.jpg>). В программе реализованы новые алгоритмы, основанные на минимизации стоимости ТП с учетом начального и конечного уровней обученности операторов, интенсивности приобретения ими навыков, адекватности компьютерных систем тренажа и позволяющие определить рациональные учебные планы с устранением возможности приобретения обучаемыми ложных навыков.

Программа «Система оперативного объективного контроля действий операторов информаци-

онных комплексов УВД», предназначенная для оперативного объективного контроля действий операторов УВД на основе учета оценки адекватности автоматизированных информационных систем подготовки операторов УВД (лиц группы руководства полетами) в целях разрешения конфликтов использования ШТ и тренажеров в процессе практической подготовки операторов УВД.

В целях корректного определения уровня навыков и рационального планирования ТП лиц группы руководства полетами на базе 4 Государственного центра подготовки авиационного персонала и войсковых испытаний МО РФ проведены экспериментальные исследования адекватности результатов имитационного моделирования в специализированных тренажерах «Марка – РС» и комплексных тренажерах «Репитер» при УВД в ближней зоне аэродрома с использованием разработанного профессионально-ориентированного комплекса программ АС освоения РЭК «Конфликтоустойчивость АСУ ОРЭС».

Полученные результаты, а также реализация разработанного профессионально-ориентированного комплекса программ АС освоения РЭК «Конфликтоустойчивость АСУ ОРЭС» при организации полетов воздушных судов в ближней зоне аэродрома показали новый уровень возможностей АС подготовки операторов радиоэлектронных средств по УВД. Все изложенное позволяет констатировать следующее: разработанные инструментальные средства в виде моделей, структурных схем, а также математического, алгоритмического и программного обеспечения подсистем, входящих в состав конфликтоустойчивой АС управления подготовкой операторов РЭС, обладают не только науч-

ной новизной, но и практической значимостью и реализуемостью.

Литература

1. Дудоров А.Д. Методика оценки тренажеров лиц группы руководства полетами в интересах повышения качества их подготовки // Современные проблемы и перспективные направления развития авиационных комплексов и систем военного назначения, формы и способы их боевого применения: сб. стат. Всерос. науч.-практич. конф. Воронеж: Изд-во ВАИУ, 2011. С. 92–98.
2. Сысоев Е.С. Оптимизация тренажерной подготовки операторов сложных информационных радиоэлектронных систем управления воздушным движением // Информатика: проблемы, методология, технологии: матер. 11 Междунар. науч.-методич. конф. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2011. Т. 2. С. 216–222.
3. Романов А.В. Теоретико-множественный подход к описанию функционирования эрготехнических радиоэлектронных средств // Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем: тр. 32 Всерос. науч.-технич. конф. Серпухов: Изд-во филиала ВА ВВСН им. Петра Великого, 2013. С. 118–122.
4. Помазуев О.Н., Платонов А.Ю., Миронов А.М., Абу-Абед Ф.Н., Рюмшин А.Р. Методика определения показателей качества обнаружения радиолокационных станций // Программные продукты и системы. 2014. № 2. С. 118–124.
5. Агапов Е.А. Проектирование автоматизированных информационных систем освоения эрготехнических комплексов // Эффективность автоматизированных систем управления авиацией, систем связи и РТО ВВС: науч.-технич. сб. 2012. С. 112–118.
6. Пономаренко В.А. Психология жизни и труда летчика. М.: Воениздат, 1992. 58 с.
7. Дикарев В.А. Программа определения структуры системных отношений (Structure SA): 2001610938 Рос. Федерация. № 2001610680; заявл. 01.06.01, зарегистр. 30.07.01.
8. Потапов А.Н., Овчаров В.В., Кинчя О.Т. Адекватность АИС О ЭТК-иерархия: свид. 2013616624 Рос. Федерация. № 2013614737; заявл. 04.06.2013, зарегистр. 12.07.2013.
9. Назаров Т.И. Конфликтоустойчивость АСУ ОРЭС: свид. № 2015610377 Рос. Федерация. № 2014661423; заявл. 05.11.2014, зарегистр. 12.01.2015.

Software & Systems

DOI: 10.15827/0236-235X.116.149-155

Received 08.09.16

2016, vol. 29, no. 4, pp. 149–155

THE DIRECTIONS OF IMPLEMENTATION OF AUTOMATED SYSTEM MEANS FOR ELECTRONIC SYSTEMS DEVELOPMENT

A.N. Potapov¹, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Deputy Head of Chair, potapov_il@mail.ru

V.A. Dikarev², Dr.Sc. (Engineering), Professor, Head of Chair, dikva@mail.ru

R.V. Dopira³, Dr.Sc. (Engineering), Professor, Head of Department, rvdopira@yandex.ru

F.N. Abu-Abed⁴, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, aafares@mail.ru

D.V. Martynov⁴, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, idpo@tstu.tver.ru

¹ Military Scholastic-Scientific Centre of the Air Forces "Zhukovsky and Gagarin Air Forces Academy", Starykh Bolshevikov St. 54a, Voronezh, 394064, Russian Federation

² Institute of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Moscow City Pedagogical University

³ NPO RusBITex, Kalinina Ave. 17, Tver, 170001, Russian Federation

⁴ Tver State Technical University, Nikitin Quay 22, Tver, 170026, Russian Federation

Abstract. The article considers the issues implementing software tools of an automated system of electronic systems development. The authors propose an architecture of the automated system's structural configuration. To determine the existence of conflicts when applying radio-electronic complexes (REC) and simulators it is proposed to add radio-monitoring means and means of assessing simulator adequacy to the automated system of electronic systems development. Radio-monitoring means can identify the signs of a conflict when applying electronic systems. The paper shows the developed structures of automated means for defining the substantial components of training exercises and curricula.

The authors offer a professionally-oriented program complex of the automated system of electronic systems development. Experimental studies of the adequacy of simulation results in specialized simulators "Marka – RS" and integrated simulators "Repeater" in the air traffic control (ATC) in the near zone from an aerodrome in order to correct determine the level of skills and rational planning of operators' training identified a new level of automated systems of electronic system operators' training in the air traffic control. The developed tools in the form of models, block diagrams, mathematical, algorithmic support and software for subsystems in the automated system of electronic systems development have not only a scientific novelty, but also practical significance and feasibility.

Keywords: automated system development, conflict-stability, operator, electronic systems, software training.

References

1. Dudorov A.D. The methodology of the assessment of equipment entities of flight group management to improve the quality of their training. *Sovremennye problemy i perspektivnye napravleniya razvitiya aviatsionnykh kompleksov i sistem voennogo naznacheniya, formy i sposoby ikh boevogo primeneniya: sb. stat. Vseros. nauch.-praktich. konf.* [Proc. All-Russian Science and Practice Conf. "Modern Problems and Prospects of Aircraft and Military Systems, Forms and Methods of Their Combat Use"]. 2011, Voronezh, VAIO Publ., pp. 92–98 (in Russ.).
2. Sysoev E.S. Optimization of simulator training of operators of complex information electronic systems for air traffic control. *Informatika: problemy, metodologiya, tekhnologii: mater. 11 Mezhdunar. nauch.-metodich. konf.* [Proc. 11th Int. Scientific Conf. "Informatics: Problems, Methodology, Technologies"]. 2011, Voronezh, VSU Publ., vol. 2, pp. 216–222 (in Russ.).
3. Romanov A.V. Theoretic approach to the description of ergotechnical electronic equipment. *Problemy effektivnosti i bezopasnosti funktsionirovaniya slozhnykh tekhnicheskikh i informatsionnykh sistem: tr. 32 Vseros. nauch.-tekhnich. konf.* [Proc. 32 All-Russian Science and Practice Conf. "Problems of Efficiency and Safety of Complex Technical and Information Systems"]. Serpukhov, Branch of VA RVS N.a. Peter the Great Publ., 2013, pp. 118–122 (in Russ.).
4. Pomazuev O.N., Platonov A.Yu., Mironov A.M., Abu-Abed F.N., Ryumshin A.R. Method for determining the quality of detection of radar. *Programmnye produkty i sistemy* [Software & Systems]. 2014, no. 2, pp. 118–124 (in Russ.).
5. Agapov E.A. Design of automated information systems of ergotechnical systems development. *Effektivnost avtomatizirovannykh sistem upravleniya aviatsiyei, sistem svyazi i RTO VVS: nauch.-tekhnich. sb.* [Proc. Efficiency of Automated Aircraft Control Systems, Communication Aystems, and Air Force Radio-Technical Support]. Noginsk, 2012, pp. 112–118 (in Russ.).
6. Ponomarenko V.A. *Psikhologiya zhizni i truda letchika* [Psychology of Pilot's Life and Work]. Moscow, Voenizdat Publ., 1992, 58 p.
7. Dikarev V.A. *Programma opredeleniya struktury sistemnykh otnosheny (Strukture SA)* [The Program of Defining a Structure of System Relationships (Strukture SA)]. The State certificate of computer program registration no. 2001610938 of the Russian Federation. 2001.
8. Potapov A.N., Ovcharov V.V., Kinchaya O.T. *Adekvatnost AIS O ETK-ierarkhiya* [The Adequacy of AIS On ETK-hierarchy]. The State certificate of computer program registration no. 2013616624 of the Russian Federation. 2013.
9. Nazarov T.I. *Konfliktoustoychivost ASU ORES* [Conflict Stability ASU ORES]. The State certificate of computer program registration no. 2014661423 of the Russian Federation. 2014.

Примеры библиографического описания статьи

1. Потопов А.Н., Дикарев В.А., Допира Р.В., Абу-Абед Ф.Н., Мартынов Д.В. Направления реализации средств автоматизированной системы освоения радиоэлектронных комплексов // Программные продукты и системы. 2016. Т. 29. № 4. С. 149–155; DOI: 10.15827/0236-235X.116.149-155.

2. Potapov A.N., Dikarev V.A., Dopira R.V., Abu-Abed F.N., Martynov D.V. The directions of implementation of automated system means for electronic systems development. *Programmnye produkty i sistemy* [Software & Systems]. 2016, vol. 29, no. 4, pp. 149–155 (in Russ.); DOI: 10.15827/0236-235X.116.149-155.