

**Шамсиев Заир Зияевич**

*доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Системы аэронавигации»  
Ташкентский государственный технический университет*

**Shamsiev Zair**

*Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor of the Department of Air Navigation Systems  
Tashkent State Technical University*

**Шукурова Сабохат Муратджановна**

*аспирант  
Ташкентского государственного технического университета*

**Shukurova Sabohat**

*Graduate Student of the  
Tashkent State Technical University*

DOI: 10.25313/2520-2057-2020-10-6110

## СТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПО ИЗУЧЕНИЮ ДОКУМЕНТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

### STRUCTURAL MODELING OF THE ELECTRONIC AND EDUCATIONAL COMPLEX FOR THE STUDY OF CIVIL AVIATION DOCUMENTS

**Аннотация.** Приведены результаты исследования в области цифровизации методического обеспечения учебного процесса подготовки авиадиспетчеров. Рассмотрены вопросы теоретико-множественного моделирования структуры электронно-образовательного комплекса по изучению документов гражданской авиации.

**Ключевые слова:** гражданская авиация, законодательные и нормативно-правовые документы, авиадиспетчер, учебный процесс, цифровизация, структурное моделирование, теоретико-множественный метод.

**Summary.** The results of a study in the field of digitalization of methodological support for the educational process of training air traffic controllers are presented. The issues of set-theoretic modelling of the structure of the electronic educational complex for the study of civil aviation documents are considered.

**Key words:** civil aviation, legislative and regulatory documents, air traffic controller, educational process, digitalization, structural modelling, set-theoretic method.

**В**ведение. Система гражданской авиации (ГА) является важным сегментом глобальной экономики. Она играет большую роль в мобильности людей, перевозке грузов, почты и т.д. К числу неоспоримых требований к ее деятельности относится обеспечение безопасности полетов [1], соблюдение которой регламентируется различными техническими, организационными, правовыми, экономическими и другими видами документов, обладающих статусом отдельного государства или же статусом ИКАО.

К основополагающим документам, определяющим методологию управления безопасностью полетов в рамках международной ГА, является Приложение 19 Чикагской конвенции [2] и ряд документов ИКАО, например [3].

Большую роль в обеспечении безопасности полетов играет техническое состояние воздушного судна, а также система организации и обслуживания воздушного движения, что связано непосредственно с человеческим фактором [4; 5]. Человеческий

фактор всегда остается в поле особого внимания, так как многие авиационные происшествия в основном связаны с деятельностью людей. Одной из мер повышения уровня безопасности полетов за счет уменьшения доли человеческого фактора в возникновении авиационных происшествий является совершенствование учебного процесса подготовки авиационных специалистов, в том числе авиадиспетчеров. Касательно требований подготовки авиационных специалистов имеются ряд документов ИКАО, в которых прописаны, политика [6], правила и рекомендации, подлежащие соблюдению. В частности, для подготовки авиадиспетчеров изданы руководства по обучению [7] и оценке знаний [8].

Система подготовки специалистов для ГА в рамках отдельных государств развита неравномерно. Одни страны располагают необходимым и достаточным учебно-методическим инструментарием, полноценно отвечающие требованиям времени, а отдельные страны нуждаются в создании или его развитии, что подтверждается исследованиями ИКАО [9].

В настоящее время в аспектах совершенствования учебного процесса и масштабного расширения системы образования, охватывающей не только аудиторные занятия, но и неаудиторные, осуществляются работы по созданию цифровых образовательных технологий.

В плане вышеизложенного в качестве объекта исследования выбран учебный процесс подготовки авиадиспетчеров, а предметом исследования — цифровизация учебно-методических материалов по

изучению законодательных и нормативно-правовых документов ГА, определяющих правила и нормы организации и обслуживания полетов воздушных судов. Полноценное знание правил и норм и грамотное применение их в практике организации и обслуживания воздушного движения является гарантом по соблюдению требований безопасности полетов.

**Методологические аспекты исследования.** Цифровые образовательные технологии связаны с анализом и математической формализацией сложных организационно-функциональных систем и процессов, и в дальнейшем разработкой соответствующих программно-алгоритмических обеспечений.

Моделированию сложных систем и процессов посвящено много научных и методических работ [10–17]. В разрезе предмета исследования они касаются не только общих вопросов моделирования систем и процессов, но и моделирования конкретных процессов [17].

Для обеспечения эффективности процессов подготовки авиадиспетчеров разработан электронно-образовательный комплекс (ЭОК) обучения студентов законодательным и нормативно-правовым документам (ЗиНПД) ГА. Исходя из этого, в статье рассматриваются теоретические основы моделирования структуры ЭОК «ЗиНПД». Данный комплекс разработан в разрезе учебного процесса подготовки авиадиспетчеров для ГА Республики Узбекистан в Ташкентском государственном техническом университете. Концептуальная структура ЭОК «ЗиНПД» приведена на рис. 1 (разработка авторов).

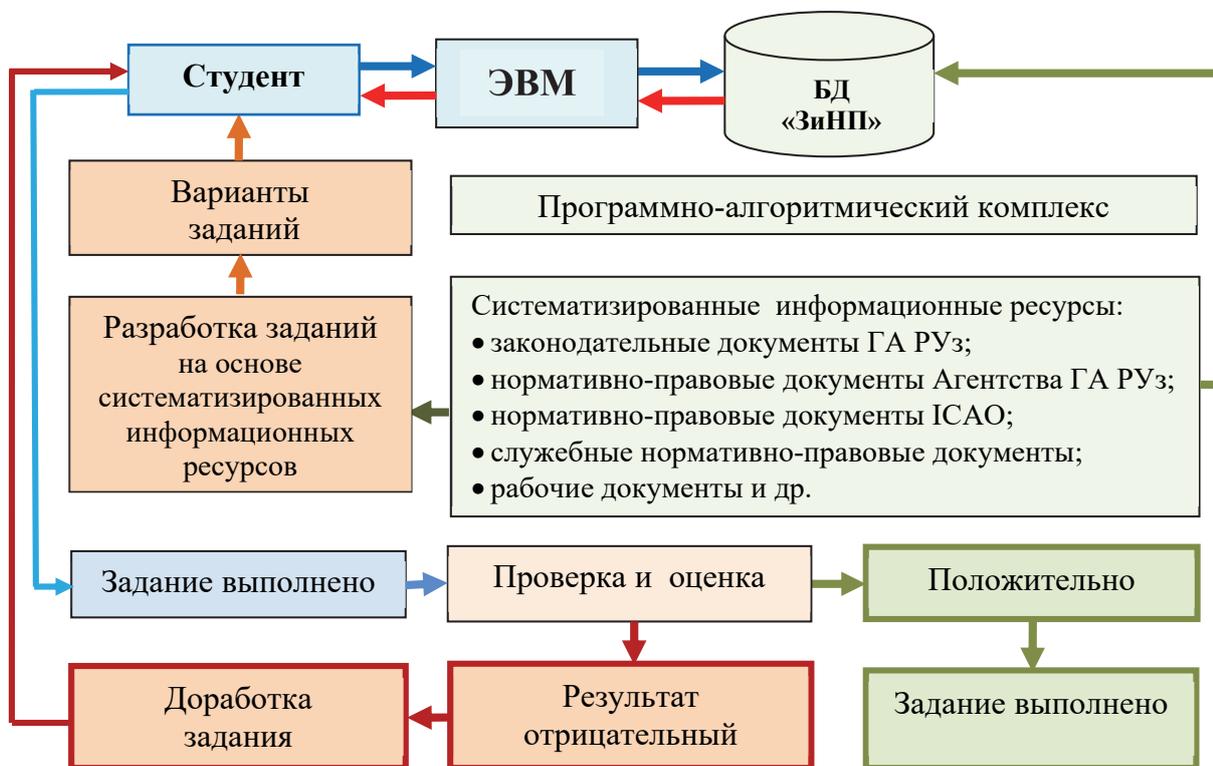


Рис. 1. Концептуальная структура ЭОК «ЗиНПД»

Перевод в электронный формат сложной системы, в том числе образовательной, требует разработки необходимых математических моделей, отражающих суть ее структуры и функциональные связи между ее компонентами (элементами).

Перевод некоторого учебного процесса в электронный формат связан с реализацией модели из трех основных действий: математическая формализация структуры системы → разработка информационного обеспечения в виде базы данных (БД) → разработка программно-алгоритмического обеспечения.

Для математического описания дискретных систем, к которым относится ЭОК, с несложной структурой и функционально-параметрическими связями, как правило, можно осуществлять с помощью теоретико-множественного метода моделирования [11, с. 182] с применением алгебры логики. Это позволит получить вполне адекватные результаты. Наряду с этим при моделировании данного учебного комплекса не наблюдаются парадоксы, ибо процесс формализации и синтеза структуры основан на использовании элементов, обладающих однозначным и ориентированным на конкретику содержанием. Идентификация их основывается на понятиях алгебры логики.

В данной статье рассматривается главная часть ЭОК, где формализуется процесс синтеза (построение) вариантов заданий для обучения студентов ЗиНПД ГА на практических занятиях в аудитории или путем дистанционного доступа к комплексу, тогда, когда это нужно для самостоятельного изучения материалов.

Построение вариантов практических заданий выполняется по содержанию ЗиНПД, которые в совокупности представляют собой информационное поле, сформированное в виде БД.

Для рационализации процесса моделирования на уровне концептуальной структуры ЭОК «ЗиНПД» выделены автономные блоки — Блок 1 ( $B_1$ ), Блок 2 ( $B_2$ ) и Блок 3 ( $B_3$ ), имеющее отдельное целевое назначение и задачи (рис. 2, разработка авторов), но в совокупности реализующие функциональную суть образовательного комплекса.

Основываясь на этом подходе, выразим данный уровень состояния ЭОК «ЗиНПД» множеством:

$$\text{ЭОК} = (B_1, B_2, B_3). \quad (1)$$

Выражение (1) можно принять за основу формирования принципиальной структурной модели (СМ) ЭОК и представить в виде следующего множества кортежей:

$$K = (K_1, K_2, K_3). \quad (2)$$

Каждый вид кортежа —  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  содержательно представим соответствующими выражениями:

$$\left. \begin{aligned} K_1 &= \langle N_1, S_1, P_1 \rangle; \\ K_2 &= \langle N_2, S_2, P_2 \rangle; \\ K_3 &= \langle N_3, S_3, P_3 \rangle, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где:  $N_1, N_2, N_3$  — носители моделей блоков  $B_1, B_2, B_3$ , соответственно.

Каждый из носителей  $N_1, N_2, N_3$  и  $N_3$  обладает определенным подмножеством основных элементов  $N_{K_1}, N_{K_2}$  и  $N_{K_3}$ , на базе которых осуществляется соответственно формирование структуры  $B_1, B_2$  и  $B_3$ , системы (ЭОК) на рассматриваемом уровне, и определенным подмножеством вспомогательных элементов  $N_{K_{1a}}, N_{K_{2b}}$  и  $N_{K_{3\gamma}}$ , с помощью которых идентифицируются соответственно основные элементы структур, приведенных выше блоков системы. Сказанное можно описать следующими соответствующими выражениями:

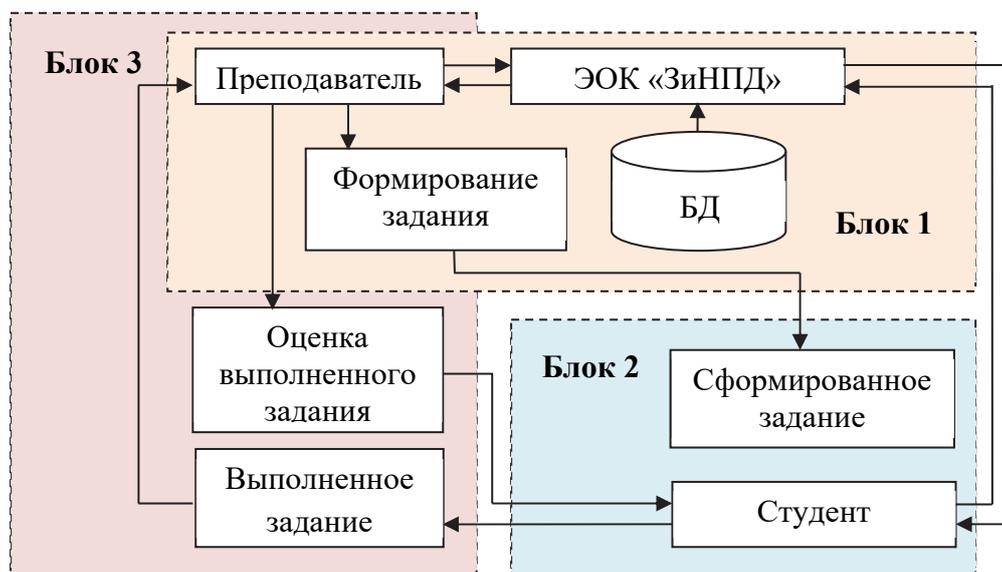


Рис. 2. Блоки основных функциональных задач ЭОК «ЗиНПД»

$$\left. \begin{aligned} N_1 &= \langle N_{K_1}, N_{K_{1\alpha}} \rangle; \\ N_2 &= \langle N_{K_2}, N_{K_{2\beta}} \rangle; \\ N_3 &= \langle N_{K_3}, N_{K_{3\gamma}} \rangle. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

В формуле (3)  $S_1, S_2$  и  $S_3$  являются сигнатурами моделей блоков  $B_1, B_2$  и  $B_3$ , соответственно. Сигнатуры представляются следующими выражениями:

$$\left. \begin{aligned} S_1 &= \langle S_{N_1}, S_{K_1} \rangle; \\ S_2 &= \langle S_{N_2}, S_{K_2} \rangle; \\ S_3 &= \langle S_{N_3}, S_{K_3} \rangle, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где:  $S_{N_1} = \{s_r, s_p\}$ ,  $S_{N_2} = \{s_\delta, s_\epsilon\}$  и  $S_{N_3} = \{s_\theta, s_\mu\}$  — подмножества предикатов, задающих виды отношений на множествах  $N_{K_1 \cup N_{K_{1\alpha}}}$ ;  $N_{K_2 \cup N_{K_{2\beta}}}$  и  $N_{K_3 \cup N_{K_{3\gamma}}}$ , соответственно;

$S_{K_1}, S_{K_2}, S_{K_3}$  — подмножества предикатов, которые устанавливают виды отношений в среде подмножеств  $N_{K_1}, N_{K_2}$  и  $N_{K_3}$  соответственно.

$P$  — правила формирования обобщенной СМ с учетом соблюдения синтаксиса формируемой структуры из элементов. Правила основаны на соблюдении *утверждений*, которые четко регламентируют процесс идентификации элементов в СМ.

Изначально отметим, что под элементами ЭОЖ может пониматься как отдельное неделимое слово или же их совокупность, обладающее смысловым содержанием, а исключение любого составляющего в нем может привести к потере смысла. Исходя из этого, уровень детализации имеет существенное значение. Чрезмерная детализация может привести к усложнению формализации, алгоритмов и программ логических процедур синтеза СМ.

Таким образом, подмножество  $N_{K_1}, N_{K_2}$  и  $N_{K_3}$  представляет собой совокупность элементов, извлекаемых из БД «ЗиНПД». Следует отметить, что эти элементы не обладают ограничениями. Они являются неизменными и несут в себе строго определенную содержательную информацию. По этой информации они идентифицируются для включения в СМ при ее синтезе. В конечном итоге СМ приобретает один из видов варианта задания по ЗиНПД, позволяет осуществить выполнение этого задания со стороны студента путем анализа содержания задания с информацией в БД, сравнительный автоматизированный анализ и оценку преподавателем выполненного задания, если в таком режиме есть необходимость. При этом синтез осуществляется с помощью средств, не принадлежащих самой СМ.

Описание элементов и их отношений при формировании сигнатуры СМ осуществляется синтаксическими правилами  $P_1, P_2$  и  $P_3$ . Правила представляют собой формальные логические процедуры, позволяющие идентифицировать элементы множеств  $N_1, N_2$  и  $N_3$ . На основе идентификации устанавливается их

принадлежность подмножеству  $N_K$  и идентификации их в этом же подмножестве с помощью вспомогательных элементов носителя  $N_L$ .

В плане использования теоретико-множественного метода структурного моделирования наблюдается факт невозможности обеспечения полноценной правильности содержания сформированных СМ на основе синтаксических правил, так как их использование предусматривает абстракцию. Однако данный пробел вполне устраним за счет типовых и установленных конструкций слов, имеющих в готовом виде в содержании ЗиНПД.

Синтез СМ, представляющих собою определенное учебное задание по ЗиНПД, выдаваемых студенту для проработки, основывается на выполнении ниже сформулированных утверждений, соблюдение которых приводит к результативному завершению процесса синтеза.

Синтез СМ протекает в рамках трех выше упомянутых блоков  $B_1, B_2$  и  $B_3$ , каждый из которых представляет собой самостоятельную подсистему, но в совокупности решающую общую цель ЭОЖ «ЗиНПД». Самостоятельность этих блоков характеризуется составом решаемых задач. Функционирование блоков в комплексе происходит путем передачи управления согласно логике, основанной на процессе обучения и контроля знаний студента.

Идеология синтеза структуры блоков в принципе единая, исходя из этого, рассматриваемая ниже теория логических процедур применима ко всем блокам.

Логические операции при формировании СМ основаны на соблюдении утверждений, которые четко и однозначно определяют правильность содержания СМ. В аспектах этого сформулированы и введены утверждения, которые приведены ниже. В формальных представлениях утверждений использованы общие для всех блоков обозначения.

*Утверждение 1.* Подмножество основных элементов носителя обобщенной структурной модели  $N_K$  считается синтаксически заданным и на основе идентификации во множестве  $N$  уместным, если на множестве

$$N = N_K \cup N_L,$$

где  $N_L = \mu \cup N'_L$ , а  $\mu \in N_L$  — некоторый элемент установленного эталона, задан двухместный предикат  $s_\mu$ , при котором выполняются условие

$$\forall_{n_i \in N_K} \forall_{n_j \in N'_L} (s_r(n_i, p) = 1 \ \& \ s_r(s_j, p) = 0). \quad (6)$$

Утверждение 1 является синтаксическим правилом, позволяющее формально подтвердить принадлежности  $n_i \in N_k$  подмножеству основных элементов  $N_K$ , описывающих элементы моделируемой структуры.

*Утверждение 2.* Каждый основной элемент носителя СМ  $n_i \in N_k$  считается идентифицированным в подмножестве  $N_K$ , если на подмножестве  $N_K \cup Z \subset N$ , где  $Z \subset N$  — подмножество элементов

установленного эталон, задан 2-х местный предикат  $s_{\mu}$ , так что

$$\forall n_i \in N_k \forall n_j \in Z \setminus Z \exists z_k \in Z (s_f(s_i, z_k) = 1 \& s_p(s_i, s_j) = 0). \quad (2)$$

Утверждение 2 определяет правило, по которому основной элемент носителя модели  $n_i \in N$  считается заданным, если ему соответствует значение установленного эталона  $Z$ .

Таким образом, синтаксические правила описания элементов СМ задаются в соответствии с утверждениями 1 и 2.

**Результаты исследования.** Рассмотренные выше вопросы, являются частью работ по разработке и внедрению в учебный процесс ЭОК «ЗиНПД» для автоматизированного ведения практических и теоретических занятий со студентами по законодательным и нормативно-правовым документам ГА, регламентирующих правила и методы организации и обслуживания воздушного движения. Данный комплекс используется не только в проведении практических и теоретических занятий, но и в тренажерной лаборатории, которая функционирует в режиме имитации

в формате «Авиадиспетчер-Пилот». Студенты, проходя тренажерную подготовку, имеют автономный доступ к ЭОК «ЗиНПД» для восполнения задания или же углубления знаний по законодательным и нормативно-правовым документам ГА. БД ЭОК включает необходимый массив документов, касающихся сферы обслуживания воздушного движения.

**Выводы.** Изложенный подход формализации процедур формирования структур вариантов практических занятий для изучения законодательных и нормативно-правовых документов ГА на основе теоретико-множественного моделирования лег в основу формализации ЭОК «ЗиНПД». Ценность комплекса заключается в том, что он может быть использован при проведении практических и теоретических занятий по всем профилирующим дисциплинам учебного процесса, так как в них, как правило, всегда присутствует изучение законодательных и нормативно-правовых документов. Использование комплекса в учебном процессе позволило повысить эффективность использования академического времени на 15–20%, а уровень остаточных знаний — на 30%.

#### Литература

1. Состояние безопасности полетов в мире. ИКАО. 2013 г.
2. Приложение 19 Чикагской конвенции.
3. Doc 9859. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП). Издание второе, 2013 г.
4. Doc 9824. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по техническому обслуживанию воздушных судов. Издание первое, 2003 г.
5. Doc 9882. Руководство по требованиям к системе организации воздушного движения.
6. Политика ИКАО в области подготовки специалистов гражданской авиации. 25 мая 2016 г.
7. Doc 7192 D-3. Руководство по обучению. Часть D-3. Сотрудник по обеспечению полетов/диспетчер. Издание второе. 1998 г.
8. Doc 10056. ИКАО. Руководство по квалификационной системе подготовки и оценки диспетчеров управления воздушным движением. Издание первое, 2017.
9. Подготовка эксплуатационного персонала службы УВД Стран Южного кольца. Европейская Комиссия. Контракт № TACIS / 2007 / 117-114. Итоговый документ 1 — Оценочный отчет. 20 августа 2008 г.
10. Умнов А. Е. Методы математического моделирования: Учебное пособие. — М.: МФТИ, 2012. 295 с.
11. Моделирование систем и процессов: учебник для академического бакалавриата / под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. М.: Издательство Юрайт, 2019. 450 с. (Серия: Бакалавр. Академический курс).
12. Волкова В. Н. Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавриата / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2014. 616 с. Серия: Бакалавр.
13. Чудинов И. Л. Информационные системы и технологии: учебное пособие / И. Л. Чудинов, В. В. Осипова; Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. 145 с.
14. Иванов И. В. Теория информационных процессов и систем: учебное пособие // И. В. Иванов. 2-е изд., перераб. и доп. Белгород: БГТУ, 2014. 203 с.
15. Красов А. В. Теория информационных процессов и систем.
16. Родионов И. Б. Теория систем и системный анализ. Учебный процесс, для заочного отделения КГТУ/КГТИ, специальность: 351400 «Прикладная информатика в экономике». URL: <http://victor-safronov.ru/systems-analysis/lectures/rodiонов/00.html> (дата посещения 16.06.2020).
17. Чернышов В. Н. Теория систем и системный анализ: учебное пособие / В. Н. Чернышов, А. В. Чернышов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. 96 с. 150 экз. ISBN978-5-8265-0766-7.