

УДК 004.051

DOI: 10.25629/НС.2022.11.19

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СИНТЕЗА СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ПО
ОСНОВНЫМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ**

Селиверстов Д.Е.

Военная академия РВСН им. Петра Великого

Аннотация. В статье представлено описание ряда разработанных теоретических положений синтеза системы обучения по основным профессиональным образовательным программам высшего профессионального образования в условиях совершенствования электронной информационно-образовательной среды, представляющих собой синтез основных и вспомогательных теорий смежных предметных областей. Описана возможность практической реализации разработанных теоретических положений для построения индивидуальных образовательных траекторий путем разработки инвариантной математической модели индивидуализации обучения на основе математического аппарата среды радикалов.

Ключевые слова: электронная информационно-образовательная среда, обучение, теоретические положения, среда радикалов, моделирование, индивидуализация обучения.

Ведение

Основным фактором, обуславливающим актуальность совершенствования системы обучения по основным профессиональным образовательным программам высшего профессионального образования являются концептуальные изменения, происходящие в мировой и отечественной системах высшего образования с точки зрения их технического и технологического совершенствования [17]. Фактически, в настоящее время происходит смена образовательной парадигмы, обусловленная массовым внедрением современных направлений и технологий, реализуемых в настоящее время в системе высшего профессионального образования. К таковым, например, относится массовое внедрение открытых онлайн курсов и устойчивое формирование системы дистанционного обучения, вызванное, в том числе, последствиями пандемии COVID-19 [12]. Здесь же следует отметить активное развитие облачных образовательных решений, развитие решений дополнительной реальности, интеграцию социальных сетей в систему образования и ряд других. Существующие тенденции смены парадигмы обуславливают необходимость разработки новых подходов синтеза системы обучения по основным профессиональным образовательным программам высшего профессионального образования с учетом применения современных информационно-аналитических систем, к которым относится, в том числе, электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС).

Краткий анализ литературы

Прежде чем перейти к анализу понятия ЭИОС, необходимо установить, что представляет из себя информационная среда как таковая. К.А. Калужный в своем исследовании понятия информационной среды приводит ретроспективный анализ генезиса данного понятия, обобщает его развитие ведущими отечественными и зарубежными учеными и формулирует определение следующим образом: антропогенная часть пространства, в котором взаимодействуют и самоорганизуются субъекты и объекты информационных процессов, поддерживаемых информационной инфраструктурой и связанных с поиском, обработкой и хранением информации и знаний [9].

Понятие ЭИОС является развитием общеизвестного термина «электронная среда», изложенного в ГОСТ Р 52292-2004 и определяется как «среда технических устройств (аппаратных средств), функционирующих на основе физических законов и используемых в информационной технологии при обработке, хранении и передаче данных [7].

Существует также понятие «информационная среда», которое определено в ГОСТ Р 43.0.2-2006 как совокупность информационных средств, воздействующих на оператора [19].

При этом, понятие ЭИОС также определено в ГОСТ Р 53620-2009 и представляет собой систему инструментальных средств и ресурсов, обеспечивающих условия для реализации образовательной деятельности на основе информационно-телекоммуникационных технологий [8]. Информационно-образовательные среды в обобщенном виде представляют собой различные виды информационных систем, обеспечивающих реализацию процесса обучения с помощью информационно-телекоммуникационных технологий.

Обобщая представленные выше определения, можно сделать вывод о том, что поскольку существует ЭИОС как некая система и в этой системе присутствует оператор, на которого оказывается информационное воздействие, следовательно, данная система может быть в дальнейшем исследована и синтезирована как эргатическая система [15]. Учитывая данный факт, целесообразно в дальнейшем исследовать ЭИОС как эргатическую систему и использовать данное понятие при дальнейшем описании теоретических положений.

Методы исследования

На метасистемном уровне, в общем виде, идентификация системы обучения по основным профессиональным образовательным программам высшего профессионального образования в целом, и ЭИОС – в частности, может быть проведена по ряду признаков, таких как (рис. 1) [4]:

- открытость (система имеет связь с внешней средой, и среда влияет на ее элементы);
- сложность (система состоит из большого количества составных элементов, с многообразием связей, разнородностью структурных элементов и многообразием их природы);
- многоцелевое (система реализует несколько разнонаправленных целей одновременно);
- направленность (система имеет информационные входы и выходы);
- динамичность (система изменяется (развитие) во времени);
- общественность (система включает взаимодействующих людей (коллективы, человеческие сообщества и т.д.)).

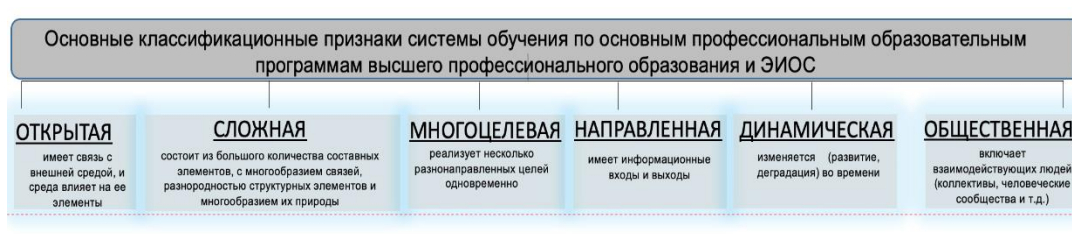


Рисунок 1 – Идентификационные признаки обучения по основным профессиональным образовательным программам высшего профессионального образования и ЭИОС

Синтез системы обучения по основным профессиональным образовательным программам высшего профессионального образования в условиях совершенствования ЭИОС с теоретической точки зрения требует разработки не только принципиальной платформы исследования, но и трансдисциплинарной системности для достижения необходимого уровня абстракции. Трансдисциплинарная системность предполагает определенную последовательность шагов, на основании которых осуществляется доказательство адекватности и обоснованности синтеза исследуемой системы с применением аналогичных подходов к синтезу смежных систем и предполагает определенную последовательность действий.

1. Первым шагом является поиск смежных предметных областей научного знания, в которых на основании единого понятийно-категориального аппарата представлено описание исследуемых систем.

2. Необходимо выделить нужные для проведения исследования системы из метасистем и проанализировать принципы их анализа, синтеза и функционирования.

3. Выделенные системы необходимо проанализировать на предмет установления наличия в них элементов, взаимосвязей и эмерджентных свойств, которые прямым или косвенным образом имеют отношение к синтезируемой системе.

4. Выделенные системы, их элементы, взаимосвязи и эмерджентные свойства необходимо формализовать, а также обосновать меру их включения в синтезируемую систему.

5. Перейти к синтезу исследуемой системы с учетом возможной адаптации и модификации элементов, свойств и взаимосвязей смежных систем, учитывая их меру включения.

Предложенная последовательность основана на трансдисциплинарном и системном подходах к проведению научного исследования и позволяет при разработке теоретических положений синтеза системы обучения по основным профессиональным образовательным программам высшего профессионального образования в условиях совершенствования электронной информационно-образовательной среды сформировать теоретическую платформу, которая будет являться базисом проведения дальнейших исследований в указанной предметной области.

Среди большого разнообразия систем особое место занимают критические целенаправленные системы (КС) и эргатические системы (ЭС) [2]. Примерами КС могут быть: объекты информационно-технической образовательной инфраструктуры, сегменты систем обработки и передачи данных, системы связи, видов ее обеспечения и ряд других. В настоящей работе необходимость анализа КС обусловлена тем, что в условиях интенсивного внедрения виртуальных образовательных технологий в ближайшее время возможно создание как отдельных, так и единой компьютерной среды, используемой в масштабе системы обучения по основным профессиональным образовательным программам высшего профессионального образования. Наличие такой системы позволит рассматривать ее одновременно с точки зрения КС и ЭС. Это означает, что существующие принципы функционирования и методы синтеза КС и ЭС могут быть использованы при синтезе системы обучения по основным профессиональным образовательным программам высшего профессионального образования в условиях совершенствования электронной информационно-образовательной среды.

Введение избыточности при синтезе ЭСВН позволяет добиться ряда преимуществ с точки зрения обеспечения требуемой устойчивости, а именно [2]:

избыточная модель ЭСВН позволит извлекать из нее дополнительную информацию для решения различных задач на всех этапах жизненного цикла ЭС;

избыточная модель ЭС дает возможность проведения ее анализа при решении задач и синтезе вариантов ухода от конфликтов не только в рамках начально определенной предметной области ЭС, но и в более широкой проблемной области, что обеспечивает системную составляющую;

избыточная модель ЭС создает предпосылки и позволяет на практике осуществлять решение нестандартных задач при синтезе базы данных, используемой для индивидуализации обучения и применения виртуальных образовательных технологий.

В настоящей работе для разработки теоретических положений синтеза системы обучения по основным профессиональным образовательным программам высшего профессионального образования в условиях совершенствования электронной информационно-образовательной среды предлагается использовать ряд основных и вспомогательных научных теорий, описанных в известной литературе [3,5,16].

На основании результатов анализа исследуемой предметной области и описанных выше положений можно сделать вывод о том, что разрабатываемые теоретические положения находятся на стыке следующих шести основных научных теорий, таких как:

теория множеств (Г. Кантор, Н. Бурбаки, С. Ленг) [1,10];
 теория классификации (В. Омельченко, А. Потюпкин) [16];
 информационная теория эргасистем (Д. Ловцов) [15];
 математическая информатика (теория радикалов В. Чечкина) [19];
 методология анализа среды функционирования (А. Чарнес, В. Кривоножко) [13,20];
 теория эффективной сложности (С. Ллойд) [14]. При этом, вспомогательными теориями являются:

Таким образом, сформулирована теоретическая основа проводимого научного исследования, которая при решении поставленной научной проблемы позволит получить требуемые научные результаты (рис. 2).

$T_{1.1}$ – теория нечетких множеств (В. Омельченко) [16];

$T_{2.1}$ – теория информации (Д. Ловцов, Н. Сергеев, Б. Глазов, А. Фельдбаум) [5];

$T_{3.1}$ – теория ультраоператоров (А. Чечкин, В. Васенин) [19];

$T_{4.1}$ – логика первого порядка (К. Гёдель, А. Чёрч, В. Князев) [11];

$T_{5.1}$ – исследование операций (Е. Вентцель) [3];

$T_{6.1}$ – квалиметрия (В. Семенов) [18].

Постановка задачи.

Дано: $T = \langle T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6 \rangle$, где T_1 – теория множеств, T_2 – теория классификации, T_3 – информационная теория эргасистем, T_4 – математическая информатика (теория радикалов), T_5 – методология анализа среды функционирования, T_6 – теория эффективной сложности.

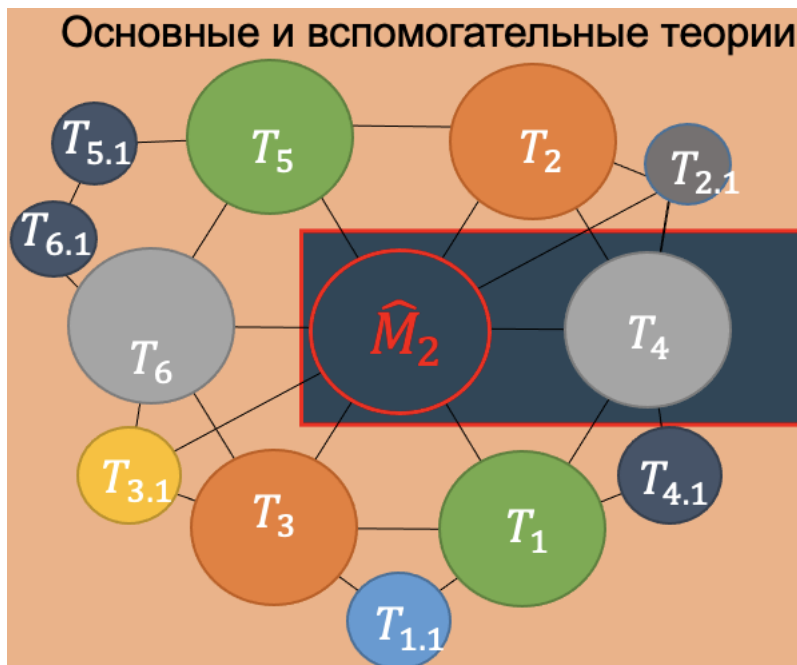


Рисунок 2 – Синтез основных и вспомогательных теорий

Требуется: на основании T разработать теоретические положения синтеза системы обучения по основным профессиональным образовательным программам высшего профессиональ-

ного образования в условиях совершенствования электронной информационно-образовательной среды $\widehat{M}_2 : T = \langle T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6 \rangle \rightarrow \langle \widehat{M}_{2.1}, \widehat{M}_{2.2}, \widehat{M}_{2.3} \rangle$, где $\widehat{M}_{2.1}$ – математический аппарат синтеза системы обучения по основным профессиональным образовательным программам высшего профессионального образования в условиях совершенствования электронной информационно-образовательной среды ($\langle T_1, T_2, T_3 \rangle \rightarrow \widehat{M}_{2.1}$); $\widehat{M}_{2.2}$ – состав и структура системы синтеза системы обучения по основным профессиональным образовательным программам высшего профессионального образования в условиях совершенствования электронной информационно-образовательной среды ($\langle T_4, T_5, T_6 \rangle \rightarrow \widehat{M}_{2.2} = \langle \widehat{M}_{2.2.1}, \widehat{M}_{2.2.2}, \widehat{M}_{2.2.3}, \widehat{M}_{2.2.4} \rangle$); $\widehat{M}_{2.3}$ – критерии, показатели и средства оценки индикаторов достижения компетенций обучающихся ($T_6 \rightarrow \widehat{M}_{2.3}$).

Теоретическое обеспечение любой эргатической системы представляет собой совокупность математических моделей, необходимых для проведения исследования предметной области, в том числе, для решения задач анализа и синтеза. В качестве математического аппарата предлагается использовать элементы математической информатики и теории радикалов [3]. Адекватность применения данного математического аппарата обусловлена его успешной апробацией при анализе и синтезе критических систем, а также доказательством наличия необходимого и достаточного количества смежных свойств у критических и эргатических систем, интерпретируемых с точки зрения системы обучения.

Центральным понятием избыточного моделирования с эффективной сложностью является понятие радикальной модели как среды радикалов. Целесообразно ввести ряд определений среды радикалов для эргатических систем обучения (ЭСО).

Определение 1. Среда радикалов ЭСО – множество радикалов, на котором определено бинарное отношение, описываемая единой схемой радикалов.

Следует учитывать, что в ходе разработке моделей ЭСО с использованием среды радикалов может возникнуть ряд сетевых структур, таких как ветвление и схождение.

Определение 2. Ветвление радикалов ЭСО – множество цепочек радикалов ЭСВН, имеющих в начальном основании радикал ветвления.

Определение 3. Схождение радикалов ЭСО – множество цепочек радикалов ЭСВН, имеющих в конечном основании радикал схождения.

Определение 4. Степень ветвления (схождения) радикалов ЭСО – число символов, стоящих справа (слева) от радикала ветвления (схождения).

Для удобства моделирования ЭСВН в радикальной модели выделяются радикалы-уникумы и радикалы-контейнеры.

Определение 5. Уникум (u_i -радикал) ЭСО – элемент множества индикаторов достижения компетенций $U = \{u_i, i = \overline{1, I}\}$.

Определение 6. Контейнер (k_j -радикал) ЭСО – элемент множества компетенций компетентностной модели обучающегося $K = \{k_j, j = \overline{1, G}\}$.

Результаты и их обсуждение

Практической реализацией разработанных теоретических положений, в частности, для построения индивидуальных образовательных траекторий является инвариантная математическая модель индивидуализации обучения, предназначенная для использования в рамках совершенствования ЭИОС, описание которой представлено ниже.

Дано: множество обучающихся $O = \{o_\lambda, \lambda = \overline{1, \Lambda}\}$; $U = \{u_\xi, \xi = \overline{1, E}\}$ – множество u_ξ -радикалов, $K = \{k_j, j = \overline{1, G}\}$ – множество k_j -радикалов, $Q = \{q_{n_2}, n_2 = \overline{1, N_2}\}$ – множество требований к реализации программы обучения в условиях совершенствования ЭИОС, $Y^B = \{y_\chi^B \mid \exists \chi \in X: y_\chi^B \in Y^B, y_\chi^B = f^B(o_\lambda, u_i), y_\chi^B \in N_3\}$ – множество значений, характеризующих уровень индикаторов достижения компетенций при проведении вводного тестирования обучающихся.

Требуется: на основании исходных данных разработать математическую модель \widehat{M}_6 индивидуальной траектории обучения для каждого обучающегося: $\widehat{M}_6: \langle O, U, K, Q, Y^B \rangle \rightarrow I$, где $I = \{i_\psi, \psi = \overline{1, \Psi}\}$ – множество индивидуальных траекторий обучения для каждого обучающегося.

Первым этапом моделирования является создание всеохватывающего контейнера, который включает в себя все контейнеры моделируемой области. Пусть $cAll_K'$ – всеохватывающий контейнер, тогда:

$$cAll_K' \rightarrow cSwitchOn_d[o_\lambda] \rightarrow \{d[o_\lambda] \rightarrow k_j \rightarrow u_\xi; d[o_{\lambda+1}] \rightarrow k_j \rightarrow u_\xi \dots d[o_\lambda]\}, \quad (1)$$

где контейнер $cSwitchOn$ используется для активации $d[o_\lambda]$.

Затем активируется контейнер значений уровней индикаторов достижения компетенций при проведении вводного тестирования обучающихся:

$$cSwitchOn_Y^B \rightarrow \{d[o_\lambda] \rightarrow y_{\chi}^B k_j \rightarrow y_{\chi}^B u_\xi; d[o_{\lambda+1}] \rightarrow y_{\chi}^B k_j \rightarrow y_{\chi}^B u_\xi \dots d[o_\lambda]\}. \quad (2)$$

Для следующего шага необходимо создать контейнер, позволяющий каждому обучающемуся сформировать индивидуальную траекторию обучения. Этот контейнер фактически тождественен множеству S , а его компоненты тождественны элементам данного множества.

Создается контейнер $cRYG$, название которого сформулировано из первых букв входящих в него элементов, таких как: red, yellow, green. Данные компоненты контейнера тождественны цветам, характеризующим траектории индивидуальной подготовки обучающихся в зависимости от результатов первичного тестирования. В дальнейшем при построении геометрических представлений разработанных радикальных моделей, индивидуальные траектории обучения будут обозначены в них соответствующими цветами. Для каждого цвета будет разработана соответствующая база знаний, пропорциональная значениям индикаторов достижения компетенций y_{χ}^B , полученных в ходе первичного тестирования.

Активируется контейнер индивидуальных траекторий подготовки $cRYGB$:

$$cCreat_RYG \rightarrow \{d[o_\lambda] \rightarrow RYG_k_j \rightarrow RYG_u_\xi\}. \quad (3)$$

Активируется контейнер индивидуальных траекторий подготовки $cRYGB$:

$$cSwitchOn_RYG_k_j \{d[o_\lambda] \rightarrow RYG_k_j, d[o_\lambda] \rightarrow RYG_u_\xi, d[o_{\lambda+1}] \rightarrow RYG_k_j, d[o_{\lambda+1}] \rightarrow RYG_u_\xi \rightarrow \dots d[o_\lambda]\}. \quad (4)$$

Разработанная математическая модель помимо вербальной экспликации имеет также графическую и табличную. Пример построения графической модели представлен на рисунке 3.

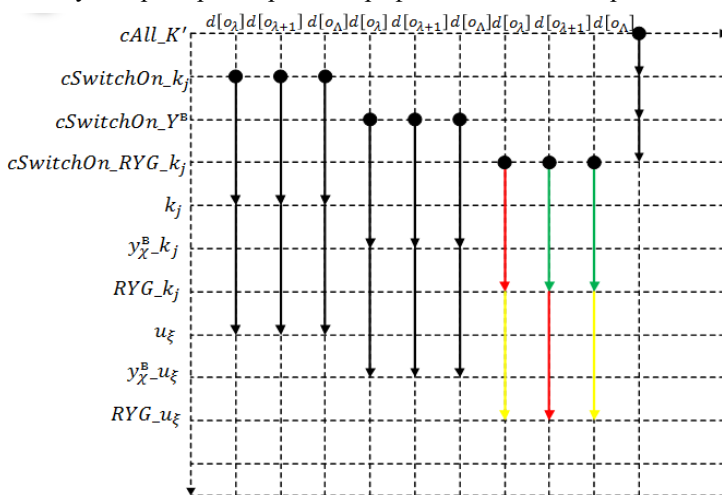


Рисунок 3 – Пример графической формы построения индивидуальных траекторий обучения с использованием математического аппарата среды радикалов

Здесь показаны индивидуальные траектории обучения. Данная модель позволяет визуально оценить преобразование математических расчетов в графические.

Выводы и заключение

Результатом моделирования является формирование на языке среды радикалов индивидуальных траекторий обучения $RYG_{k_j} RYG_{u_\xi}$ в зависимости от значений индикаторов достижения компетенций, полученных в ходе проведения входного (Y^B) тестирования и текущего контроля.

Научная новизна разработанных в статье теоретических положений заключается во внесении изменений в существующие модели среды радикалов, в части, касающейся создания и активации контейнера индивидуальных траекторий обучения $cRYG$.

Разработанные теоретические положения является составной частью теоретико-методологического подхода для интеграции ЭИОС, подходов к индивидуализации обучения и современных образовательных технологий в единую систему. В соответствии с гипотезой исследования, такой подход позволит, по предварительным расчетам, повысить качество системы обучения по основным профессиональным образовательным программам высшего профессионального образования в условиях совершенствования ЭИОС на 10-15 % по показателю среднего уровня усвоения компетенций.

Библиография

1. Бурбаки Н. Теория множеств. – М.: URSS. 2010. 456 с.
2. Васенин В.А., Пирогов М.В., Чечкин А.В. Информационно-системная безопасность критических систем: монография / Васенин В.А., Пирогов М.В., Чечкин А.В. – М.: КУРС, 2018. – 352 с. – (Серия «Наука»).
3. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972 г. – 552 с.
4. Винеvская А.В. Метод кейсов в педагогике / А.В. Винеvская // И: «Феникс». – 2015., 141 с.
5. Глазов Б.И. Теория информации и ее приложения. Учеб. пособие. – М.: ВА РВСН им. Петра Великого, 2008. – 208 с.
6. ГОСТ Р 43.0.2-2006. Информационное обеспечение техники и операторской деятельности.
7. ГОСТ Р 52292-2004. Информационная технология. Электронный обмен информацией. Термины и определения.
8. ГОСТ Р 53620-2009. Национальный стандарт РФ. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Электронные образовательные ресурсы. Общие положения" (утв. и введен в действие Пр. Ростехрегулирования от 15.12.2009 № 956-ст).
9. Калюжный К.А. Информационная среда и информационная среда науки: сущность и назначение. Журнал «Управление наукой и наукометрия», № 6, 2015 г.
10. Кантор Г. Труды по теории множеств. – М.: Наука, 1985.
11. Князев В.В. Методологические основы организации обеспечения информационной безопасности обработки качества сложных динамических объектов. Монография. – М.: – ВА РВСН имени Петра Великого, 2009 г. – 307 с.
12. Краснова Г.А., Полушкина А.О. Состояние и перспективы дистанционного обучения в период пандемии COVID-19 // Вестник российского университета дружбы народов. 2021. Том 18, № 1, С. 36-44.
13. Кривоножко В.Е., Лычев А.В. Моделирование и анализ деятельности сложных систем. – М.: ЛЕНАНД, 2013. – 256 с.
14. Ллойд С. Программируя вселенную. Квантовый компьютер и будущее науки. – М.: Изд-во ООО «Альпина нон-фикшн», 2013. – 326 с.
15. Ловцов Д.А. Сергеев Н.А. Управление безопасностью эргасистем / Под. ред. Д.А. Ловцова. – 2-е изд. испр. и доп. – М.: РАУ-Университет, 2001. – 224 с.

16. Омельченко В.В. Общая теория классификации. Ч. 2: Теоретико-множественные основания. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 296 с.

17. Селиверстов Д.Е., Штурба Я.Ю. Применение цифровых технологий в повышении квалификации научно-педагогических работников в области математики // Перспективы науки, 2021. № 4 (139). С. 174-177.

18. Семенов С.С., Воронов Е.М. и др. Методы принятия решений в задачах оценки качества и технического уровня сложных технических систем / Под ред. д-ра техн. наук, проф. Е.Я. Рубиновича. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 520 с.

19. Чечкин А.В. Математическая информатика. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 416 с.

20. Banker R.D., Charnes A., and Cooper, W.W. 1984. “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis”. *Management Science* 30, 1078 – 1092.

THEORETICAL PROVISIONS OF THE SYNTHESIS OF THE EDUCATIONAL SYSTEM FOR THE BASIC PROFESSIONAL EDUCATIONAL PROGRAMS OF HIGHER PROFESSIONAL EDUCATION IN CONDITIONS OF IMPROVEMENT OF THE ELECTRONIC INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT

Seliverstov D.E.

The Peter the Great Military Academy of the Strategic Missile Forces

Abstract. The article presents a description of a number of developed theoretical provisions for the synthesis of the training system for the main professional educational programs of higher professional education in the conditions of improving the electronic information and educational environment, which is a synthesis of the main and auxiliary theories of related subject areas. The possibility of practical implementation of the developed theoretical provisions for building individual educational trajectories by developing an invariant mathematical model of learning individualization based on the mathematical apparatus of the environment of radicals is described.

Key words: electronic information-educational environment, learning, theoretical positions, environment of radicals, modeling, individualization of learning.