

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИНАРНОЙ ЛЕКЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

Гурский С.М.¹

¹ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, e-mail: vka@mil.ru

Представлен краткий анализ различных видов лекций и дана характеристика особенностей бинарной лекции. Рассмотрена возможность использования бинарной лекции для преподавания учебной дисциплины «Радиотехнические системы» в рамках реализации Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования «Специальные радиотехнические системы». Предложен вариант чтения бинарной лекции в виде конспекта бинарной лекции на тему «Цифровая модуляция сигналов» с представлением кратких тезисов вводной, основной и заключительной частей бинарной лекции в части, касающейся деятельности обоих лекторов, названных «Первый лектор» и «Второй лектор». Первому лектору предложено представить второго лектора с указанием основных аспектов деятельности обоих лекторов и рассмотреть теоретические постулаты: сигналы с цифровой амплитудной модуляцией; сигналы с цифровой фазовой модуляцией; сигналы с цифровой квадратурной амплитудной модуляцией; многомерные сигналы. Указанные постулаты формулируются на основании обобщения результатов работ Джона Проакиса, Александра Сергиенко, Бернарда Склара и Роберта Морелоса-Сарагосы, посвященных исследованию вопросов цифровой связи и искусству моделирования помехоустойчивого кодирования цифровых радиотехнических систем. Представлены также и аргументы первого лектора по каждому из предложенных постулатов. Второй лектор рассматривает особенности моделирования цифровых радиотехнических систем в среде Matlab. По каждому из предложенных первым лектором постулатов предлагаются аргументы вторым лектором. Вторым лектором приведены примеры основных видов цифровой модуляции сигналов, используемых в зарубежных сетях спутниковой связи, в решении задач радиомониторинга, а также в адаптации радиотехнических систем к влиянию дестабилизирующих факторов. Предложен подход к использованию бинарной лекции для формирования профессиональных компетенций по учебной дисциплине «Радиотехнические системы», предусмотренных Федеральным государственным стандартом высшего образования «Специальные радиотехнические системы» и соответствующей образовательной программой академии.

Ключевые слова: бинарная лекция, многопозиционная модуляция сигналов, радиотехническая система, цифровая связь, бинарная лекция, многопозиционная модуляция сигналов, радиотехническая система, цифровая связь.

THE USE OF BINARY LECTURE IN TEACHING THE DISCIPLINE «RADIO ENGINEERING SYSTEMS»

Gurskiy S.M.¹

¹FSBMEI HE «The Mozhaisky Military Space Academy» of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Saint Petersburg, e-mail: vka@mil.ru

A brief analysis of various types of lectures is presented and a characteristic of the features of a binary lecture is given. The possibility of using a binary lecture for teaching the academic discipline «Radio Engineering Systems» in the framework of the implementation of the Federal State Educational Standard of Higher Education «Special Radio Engineering Systems» is considered. A variant of reading a binary lecture is proposed - in the form of a synopsis of a binary lecture on the topic "Multi-positional types of signal modulation" with the presentation of short theses of the introductory, main and final parts of the binary lecture in terms of the activities of both lecturers, named «First lecturer» and «Second lecturer». The first lecturer was asked to present the second lecturer indicating the main aspects of the activities of both lecturers and to consider the theoretical postulates: the quadrature method of signal formation; signal constellations; amplitude-phase modulation. These postulates are formulated on the basis of a generalization of the results of the works of John G. Proakis, Alexander Sergienko, Bernard Sklar and Robert Morelos-Zaragoza, devoted to the study of digital communication issues and the art of modeling noise-immune coding of digital radio systems. The arguments of the first lecturer for each of the proposed postulates are also presented. The second lecturer examines the features of modeling digital radio engineering systems in Matlab. For each of the postulates proposed by the first lecturer, arguments are proposed by the second lecturer. The first lecturer gives examples of the main types of multi-position modulation used in foreign satellite communication networks, in solving radio monitoring problems, as well as adapting radio engineering systems to the influence of destabilizing factors. An approach to the use of a binary lecture for the formation of professional competencies in

Новыми требованиями к современному педагогу являются [1–3]: владение современными технологиями, определяющими новые параметры военно-учебных заведений (специалитет, магистратура) XXI в.; умение формировать имидж педагога-мастера.

Руководство академии уделяет особое внимание развитию и применению новых образовательных технологий в учебном процессе подготовки офицеров космических войск, в том числе применению активных методов обучения (АМО). Деятельная технология предполагает проведение бинарных лекций, решение ситуационных задач, проведение деловых игр, моделирование профессиональной деятельности. Основная цель этой технологии – подготовка специалиста, способного квалифицированно решать профессиональные задачи [4].

Цель исследования: проверка эффективности предлагаемой технологии обучения с использованием бинарных лекций для преподавания дисциплины «Радиотехнические системы» в рамках действующего Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования «Специальные радиотехнические системы».

Материал и методы исследования. Для чтения бинарных лекций предлагается использовать дискуссионные методы АМО. Они представляют собой свободные и направленные дискуссии, совещания специалистов, обсуждение профессиональных казусов и противоречий, построенные на живом и непосредственном общении участников – лекторов – при пассивно отстраненной позиции ведущего, выполняющего функцию организации взаимодействия, обмен мнениями, при необходимости – управление процессами выработки и принятия группового решения [5, 6]. Подготовка к бинарным лекциям может осуществляться по известному алгоритму [7].

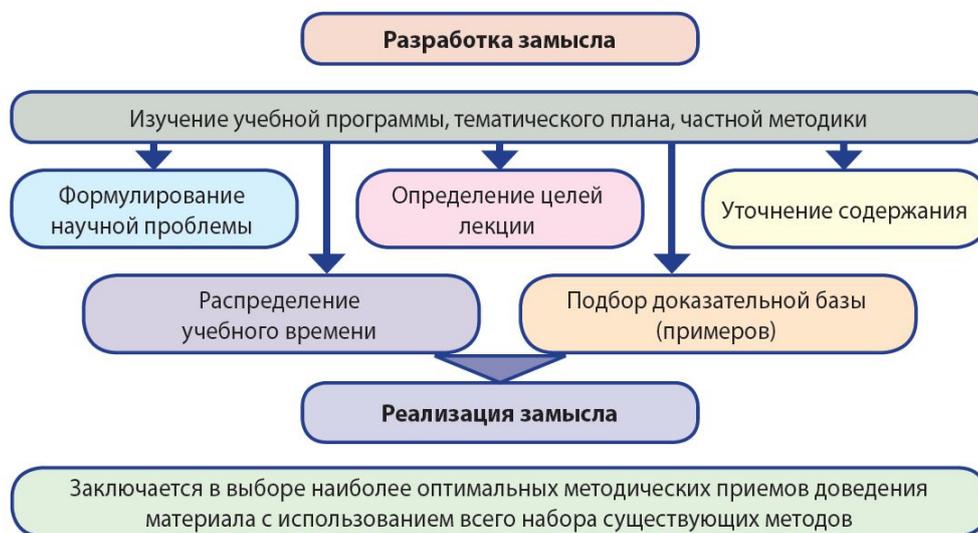


Рис. 1. Алгоритм подготовки преподавателя к лекции [7]

Предлагается читать бинарные лекции двумя лекторами в форме диалога-дискуссии (например, первый лектор излагает постулаты и аргументы основ реализации цифровой модуляции, а второй лектор останавливается на конфликте многопозиционности цифровых видов модуляции сигналов-скорости передачи данных и помехоустойчивостью РТС, а также на особенностях решения данного конфликта в ходе моделирования цифровых радиотехнических систем (РТС) с сигналами различных видов цифровой модуляции в пакете визуального моделирования Simulink, а также на применении в системах спутниковой связи и в системах мобильной связи пятого поколения видов цифровой модуляции, рассмотренных первым лектором). Рассмотрение в бинарной лекции различных видов цифровой модуляции сигналов позволяет наглядно продемонстрировать их влияние на основные характеристики цифровых РТС [8–10] как в системах спутниковой связи, так и в РТС мобильной связи пятого поколения [11, 12].

В условиях пандемии коронавирусной инфекции академия может быть переведена на дистанционный режим работы в целях предупреждения заражения. В этом случае чтение бинарных лекций возможно в режиме цифрового современного smart-вуза с использованием самых ключевых и существенных аспектов педагогики в современном мире, касающихся специфики современной образовательной среды, существования в цифровом мире, применения информационно-коммуникационных и дистанционных технологий, моделирования индивидуально-образовательной траектории, навыка преподавания в кросс-культурной среде [1–3]. Приведем краткий конспект бинарной лекции на тему: «Цифровая модуляция сигналов».

Тезисы вводной части бинарной лекции. Первый лектор формулирует цель лекции, характеризует место лекции в дисциплине «Радиотехнические системы» по специальности «Специальные радиотехнические системы», роль данной темы в будущей деятельности выпускников академии, называет учебные вопросы и отмечает их значение, дает обзор важнейших источников и литературы [8–10]. Затем он представляет обучающимся второго лектора.

Первый лектор знакомит аудиторию с основами теории и методами цифровой модуляции сигналов в РТС [8, 9], а второй лектор – с основами компьютерного моделирования РТС с различными видами цифровой модуляции сигналов [8, 10], а также с элементами применения сигналов с рассмотренными видами модуляции в РТС [11, 12], рассматривает многообразие видов цифровой модуляции. Первые дискретные системы передачи информации были двоичными. Для них были характерны следующие черты: модуляции обычно подвергался один параметр несущего колебания; количество состояний модулируемого параметра было равно количеству состояний подлежащего передаче дискретного сообщения.

Переход от двоичного к большим основаниям модуляции обусловлен тенденциями потребительского спроса и, как следствие, стремлением разработчиков аппаратуры связи и передачи данных к наращиванию скорости передачи информации при сокращении полосы занимаемых частот. Многопозиционная модуляция – это наименование обширного класса видов манипуляции, основание которых M больше двух. В данном классе присутствуют как комбинированные, так и однопараметрические виды модуляции.

Тезисы основной части бинарной лекции. Первый лектор формулирует основные постулаты и аргументы лекции (табл.). Второй лектор обобщает особенности моделирования РТС с сигналами различных видов цифровой модуляции в программной среде Mathworks MATLAB и пакете визуального моделирования Simulink (рис. 2–6), а также показывает конфликт-противоречие между ростом многопозиционности цифровой модуляции – скорости передачи данных и ухудшением помехоустойчивости цифровых РТС [8–10].

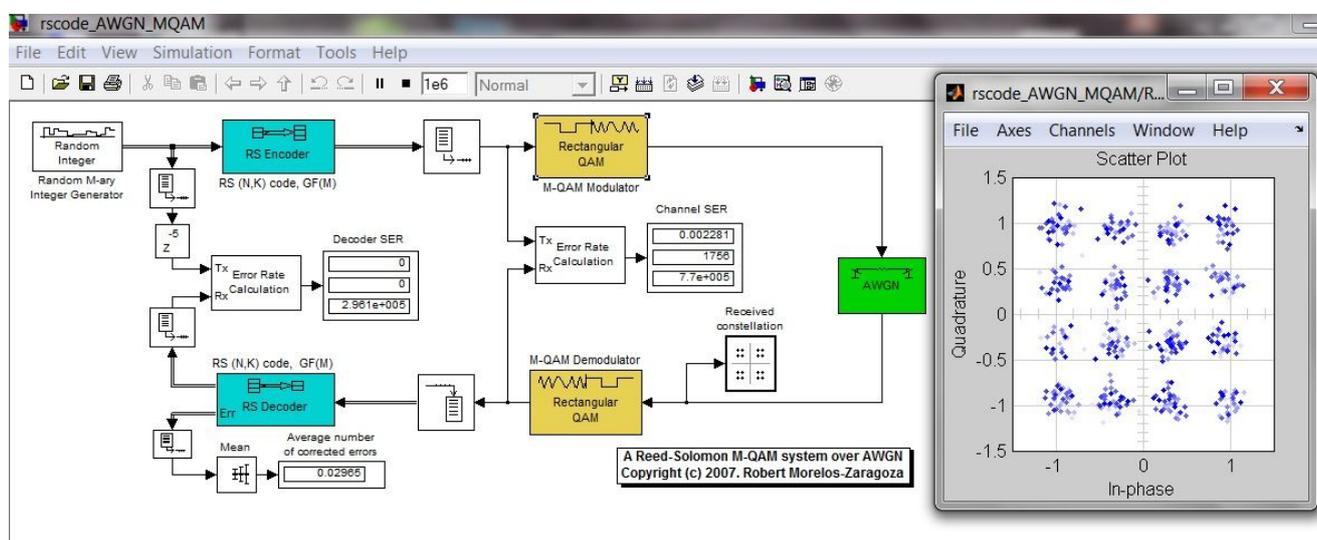


Рис. 2. Блок-схема модели цифровой РТС с модемом квадратурной амплитудной модуляцией (M-QAM Modulator, M-QAM Demodulator) и кодеком (RS Encoder+RS Decoder) кода Рида–Соломона, а также с пространственной диаграммой для M-QAM-сигналов [10]

Первый лектор показывает зависимость помехоустойчивости РТС (на примере анализа расположения кривых помехоустойчивости для кодированной и некодированной РТС) и скорости передачи информации от избранного вида цифровой модуляции (на примере числа позиций ФМ- и КАМ-сигналов). Предлагает курсантам вопросы для обсуждения: что называется энергетическим выигрышем от кодирования и как он влияет на помехоустойчивость РТС; почему двоичная фазовая манипуляция (binary phase shift keying – BPSK) и четверичная фазовая манипуляция (quaternary phase shift keying – QPSK) имеют одинаковую вероятность битовой ошибки? Справедливо ли то же самое для M-арной амплитудно-импульсной модуляции (M-ary pulse amplitude modulation – M-PAM) и M^2 -арной квадратурной амплитудной модуляции (M^2 -ary quadrature amplitude modulation – M^2 -QAM) [8, 9, 11].

Первый лектор показывает обучающимся, как влияют рост многопозиционности рассмотренных видов цифровой модуляции сигналов и поворот сигнального созвездия на скорость передачи данных спутниковых РТС Вооруженных сил США, а также систем мобильной связи, цифрового телевидения.

Второй лектор представляет информацию об ухудшении помехозащищенности РТС с увеличением многопозиционности цифровых видов модуляции сигналов, показывает противоречивость указанных выше требований к помехоустойчивости и скорости передачи данных и предлагает курсантам решить этот конфликт с обоснованием своих решений. После совместных с курсантами обсуждений/дискуссий первого и второго лекторов по подходам к решению конфликта помехоустойчивость – скорость передачи данных РТС, связанных с выполнением требований к обоснованному выбору видов цифровой модуляции, второй лектор представляет особенности решения указанного конфликта в космических РТС широкополосной связи военного назначения [11]. Дополнительно к рассмотренному выше второй лектор приводит примеры компромиссного решения конфликта – выбора вида цифровой модуляции с точки зрения выполнения требований к помехоустойчивости и скорости передачи данных в специализированных РТС радиомониторинга радиоизлучений [12], в РТС мобильной связи пятого поколения [13], а также в РТС цифрового телевидения [14] и РТС с элементами адаптации к влиянию дестабилизирующих факторов [15, 16]. В частности, второй лектор предлагает курсантам: изобразить сигнальные созвездия 4-QPSK, 8-QPSK и 16-QPSK, а также 4-QAM, 16-QAM, 128-QAM, 256-QAM; сопоставить различные виды цифровой модуляции QPSK и QAM по скорости передачи данных и помехоустойчивости; дать обоснованные предложения по выбору вида цифровой модуляции для различных РТС с учетом конфликта требований к скорости передачи данных и к помехоустойчивости (как известно, с ростом числа позиций с 2 до 256 возрастает количество одновременно передаваемых информационных битов данных одним сигналом от 1 до 8, в связи с чем увеличивается скорость передачи данных, вместе с этим расстояние между сигнальными точками уменьшается, что приводит к снижению помехоустойчивости РТС); пояснить, благодаря чему улучшается помехоустойчивость РТС при вращении сигнального созвездия или включении кодера кода Рида–Соломона в состав РТС (рис. 2) [8, 9, 14].

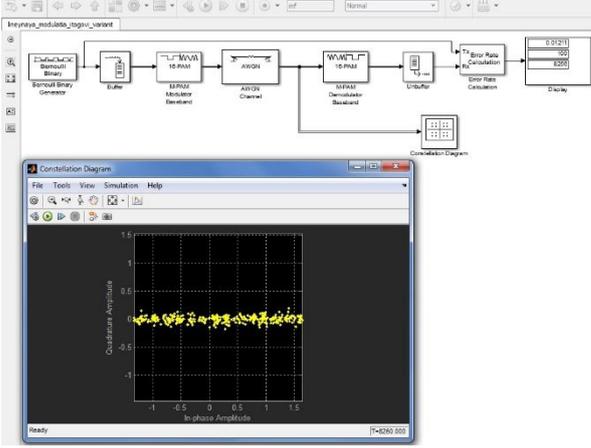
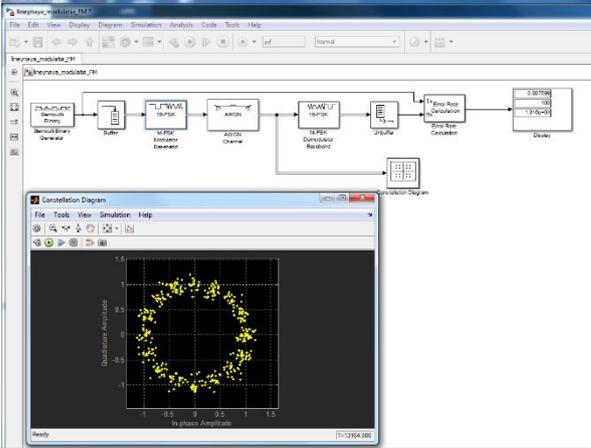
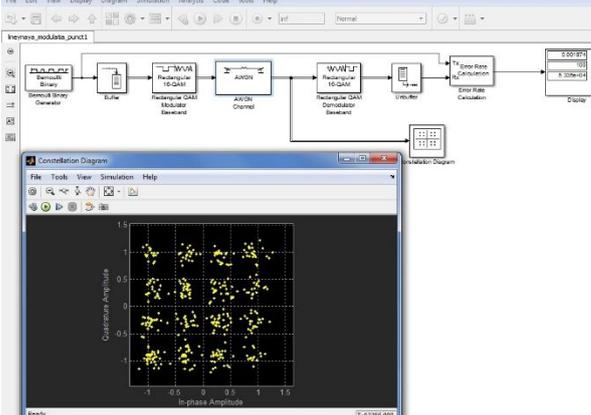
Таким образом, конфликт между ростом многопозиционности вида цифровой модуляции сигналов (а значит, и скоростью передачи данных) и одновременным снижением помехоустойчивости РТС заставляет курсантов сравнивать разные точки зрения, присоединяться к той или иной из них, делать обоснованный выбор, выражать свою позицию.

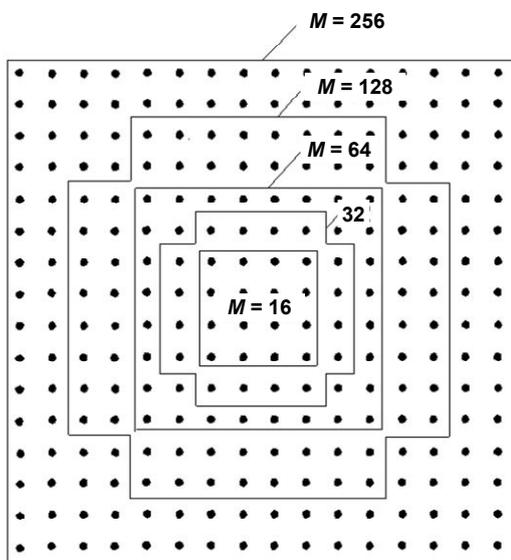
В заключительной части бинарной лекции каждый лектор подводит итог изложенному учебному материалу, они отвечают на вопросы обучающихся. Используя методы

темных пятен и перекрестного обучения, оба лектора стремятся выявить пробелы в понимании курсантами основных видов цифровой модуляции сигналов и их практического применения в цифровых РТС.

Примерный план проведения основной части бинарной лекции на тему:

«Цифровая модуляция сигналов»

Постулаты	Аргументы	
	первого лектора	второго лектора
<p>Сигналы с цифровой амплитудной модуляцией (АМ)</p>	<p>Представляет понятие АМ-сигналов и пространственную диаграмму для них</p>	 <p><i>Рис. 3. Модель РТС с пространственной диаграммой для АМ сигналов без кодека [разработано автором]</i></p>
<p>Сигналы с цифровой фазовой модуляцией (ФМ)</p>	<p>Представляет понятие ФМ-сигналов и пространственную диаграмму для них</p>	 <p><i>Рис. 4. Модель РТС с пространственной диаграммой для ФМ-сигналов без кодека [разработано автором]</i></p>
<p>Сигналы с квадратурной амплитудной модуляцией (КАМ, QAM)</p>	<p>Представляет понятие КАМ-сигналов. Хорошую частотную эффективность можно получить путем одновременной передачи двух отдельных k-битовых информационных блоков на двух несущих, находящихся в квадратуре ($\cos(2\pi f_c t)$ и $\sin(2\pi f_c t)$). Такая техника модуляции названа квадратурной амплитудной модуляцией (КАМ, QAM) (рис. 2, 5)</p>	

Постулаты	Аргументы																						
	первого лектора	второго лектора																					
		Рис. 5. Модель РТС с использованием сигналов с шестнадцатипозиционной КАМ без кодирования [разработано автором]																					
Многомерные сигналы	<p>Представляет понятие многомерных сигналов и зависимость скорости передачи информации от числа позиций многомерного сигнала</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Число бит в позиции сигнала</th> <th>Число позиций сигнала</th> <th>В, бит/с</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>4</td> <td>2400</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4</td> <td>4800</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>8</td> <td>4800</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>8</td> <td>7200</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>16</td> <td>7200</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>16</td> <td>9600</td> </tr> </tbody> </table>	Число бит в позиции сигнала	Число позиций сигнала	В, бит/с	2	4	2400	2	4	4800	3	8	4800	3	8	7200	4	16	7200	4	16	9600	 <p>Рис. 6. Несколько пространственных диаграмм для сигналов с прямоугольной КАМ [9]</p>
Число бит в позиции сигнала	Число позиций сигнала	В, бит/с																					
2	4	2400																					
2	4	4800																					
3	8	4800																					
3	8	7200																					
4	16	7200																					
4	16	9600																					

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве показателя эффективности предлагаемой технологии обучения с использованием бинарных лекций для преподавания дисциплины «Радиотехнические системы» предложено соотношение [1, с. 264–265]:

$$\mathcal{E}_{\text{бинарн. лекции}} = \mathcal{E}_{\text{достиж.}} / \mathcal{E}_{\text{макс.}}, \text{ где: } \mathcal{E}_{\text{достиж.}} = N^{-1} \sum_{i=1}^N R_i - \text{степень достижения целей обучения}$$

поток в целом с учетом использования бинарных лекций; N – количество обучающихся в потоке; R_i – итоговая оценка освоения дисциплины «Радиотехнические системы» каждого обучающегося; $\mathcal{E}_{\text{макс.}}$ – требования согласно рабочей программе и тематическому плану, предъявляемые к обучающимся по дисциплине «Радиотехнические системы». В ходе проведенного в Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского педагогического эксперимента констатирующего типа в течение 2018–2019 учебного года на тему: «Применение методов активного обучения в форме “лекции вдвоем” в преподавании учебной дисциплины “Радиотехнические системы”» получены следующие результаты: $\mathcal{E}_{\text{бинарн. лекции}} = 0,75$, с учетом привлечения к проведению эксперимента трех учебных групп курсантов ($N = 80$) и 6 преподавателей под научным руководством начальника факультета указанной академии и при участии начальника 62-й кафедры. Значения R_i были получены на основании фонда оценочных средств, содержащегося в рабочей программе учебной дисциплины «Радиотехнические

системы». Данный педагогический эксперимент был проведен на основании приказа начальника академии от 24 сентября 2018 г. «О проведении педагогического эксперимента 62 кафедры Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского» в соответствии с требованиями Приказа Министра обороны РФ от 15 сентября 2014 г. № 670 «О мерах по реализации отдельных положений статьи 81 Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»» (с изменениями и дополнениями) и Методических рекомендаций по планированию и проведению педагогических (методических) экспериментов в Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, утвержденных заместителем начальника академии по учебной и научной работе 9 марта 2017 г. Указанные результаты проведенного эксперимента свидетельствуют о том, что предлагаемая технология обучения с использованием бинарных лекций для преподавания дисциплины «Радиотехнические системы» имеет право на существование и дальнейшее применение ($\mathcal{E}_{\text{бинарн.лекции}} = 0,75 \geq 0,6$).

Выводы (или заключение). Дисциплина «Радиотехнические системы» академии была изменена за счет внедрения АМО, в том числе построения лекционного курса в форме бинарных лекций, и практического обучения. Дисциплина «Радиотехнические системы» читалась для курсантов четвертого курса программы специалитета. Учиться – не то же самое, что запоминать. Это активный процесс осмысления. Только информация, которая была структурирована и организована самим курсантом, сможет попасть в долговременную память и использоваться в повседневной жизни. Процессу структурирования информации лучше способствует обучение через деятельность, а не только через слушание. Информация будет оставаться в долговременной памяти, если к ней часто возвращаются и используют ее. Поэтому в настоящей работе предложенный показатель эффективности учитывает и запоминание, и активный процесс осмысления, в том числе и на примере ключевых терминов дисциплины «Радиотехнические системы» R_i . При этом эффективность предлагаемой технологии обучения с использованием бинарных лекций для преподавания дисциплины «Радиотехнические системы» в рамках Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования «Специальные радиотехнические системы», полученная в ходе педагогического эксперимента констатирующего типа, проведенного в Военно-космической академии с привлечением трех учебных групп курсантов в количестве 80 человек, в течение учебного года составила $\mathcal{E}_{\text{бинарн.лекции}} = 0,75 \geq 0,6$. Данные результаты свидетельствуют о том, что предлагаемая технология обучения с использованием бинарных лекций для преподавания дисциплины «Радиотехнические системы» имеет право на существование и дальнейшее применение. Для обучения очень важна мотивация, она обеспечивается неоднократным успехом и соответствующим закреплением этого успеха. Обучение более эффективно, если оно

мотивируется не страхом провала, а стремлением достичь успеха. Курсантам нужно помочь принимать на себя как можно больше ответственности за процесс обучения, его оценку и улучшение.

Список литературы

1. Военная педагогика: учебник для вузов. 2-е изд., испр. и доп. / Под ред. О.Ю. Ефремова. СПб.: Питер, 2017. 640 с.
2. Петти Д. Современное обучение. Практическое руководство / Пер. с англ. П. Кириллова. М.: Ломоносовъ, 2010. 624 с.
3. Таратухина Ю.В., Авдеева З.К. Педагогика высшей школы в современном мире: учебник и практикум для вузов. М.: Издательство Юрайт, 2020. 217 с.
4. Пеньков М.М. Уйти от шаблона. Внедрение новых образовательных технологий в учебный процесс подготовки офицеров космических войск в Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского // Вестник военного образования. 2017. № 3 (6). С. 18–24.
5. Кроули Э.Ф., Малмквист Й., Остлунд С., Бродер Д.Р., Эдстрем К. Переосмысление инженерного образования. Подход CDIO / пер. с англ. С. Рыбушкиной / Под науч. ред. А. Чучалина. Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшая школа экономики, 2015. 504 с.
6. Лапыгин Ю.Н. Методы активного обучения: учебник и практикум для вузов. М.: Издательство Юрайт, 2015. 248 с.
7. Самсоненко А.Г. Лекция: просто и сложно. Методика подготовки и проведения традиционной лекции в военном вузе: особенности и рекомендации // Вестник военного образования. 2017. № 3 (6). С. 63–68.
8. Сергиенко А.Б. Сайт дисциплины «Цифровая связь» для магистрантов Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета "ЛЭТИ". [Электронный ресурс]. URL: <https://sites.google.com/site/eltechdigicom/>. (дата обращения: 03.11.2020).
9. Прокис Дж. Цифровая связь. Пер. с англ. / Под ред. Д.Д. Кловского. М.: Радио и связь, 2000. 800 с.
10. Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение / Пер. с англ. В.Б. Афанасьева. М.: Техносфера, 2006. 320 с.
11. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Пер. с англ., под ред. А.В. Назаренко. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2016. 1104 с.
12. Гурский С.М., Коликов И.В., Уткин В.В. Определение местоположения источника радиоизлучения разностно-дальномерным методом на основе формирования копии сигнала // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 10-1. С. 44-49. DOI: 10.17513/snt.37695.

13. Гурский С.М., Баев В.А., Дьяков А.В. Анализ и основные технологии стандарта мобильной сети пятого поколения // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 4-2. С. 201-209. DOI: 10.17513/snt.37997.
14. Карякин В.Л. Цифровое телевидение: учебное пособие для вузов, 3-е изд., переработанное и дополненное. М.: СОЛОН-Пресс, 2019. 460 с.
15. Гурский С.М. Математические модели элементов антенно-волноводных трактов радиолокационных систем с повреждениями // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 2. С. 43-46. DOI: 10.17513/snt.37406.
16. Гурский С.М. Корректирующий метод адаптации радиотехнических систем к влиянию повреждений элементов антенно-фидерных трактов // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 5. С. 33-38). DOI: 10.17513/snt.38028.