

Разработка и внедрение нового лабораторного комплекса по дисциплине «Основы систем мобильной связи» для подготовки специалистов в области инфокоммуникационных технологий

О.Н. Пищин, М.А. Оборотов

Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

Аннотация – Рассмотрены вопросы разработки нового лабораторного комплекса по дисциплине “Основы систем мобильной связи”, предназначенного для подготовки специалистов в области инфокоммуникационных технологий по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», профиль подготовки «Системы мобильной связи». Целью работы является создание функционального и эффективного методического лабораторного комплекса на базе программного модуля систем автоматизированного проектирования ONEPLAN RPLD DB RFP, позволяющего проводить моделирование распространения радиоволн, анализировать зоны покрытия и интерференцию, оптимизировать параметры сети для улучшения качества связи и увеличения пропускной способности, предлагающего инструменты для генерации отчетов и документации, используемые операторами связи, системными интеграторами и регуляторами для эффективного управления радиочастотным ресурсом. В статье представлены основные темы и задачи разработанного комплекса и продемонстрированы возможности его использования в учебном процессе. Проведена оценка эффективности обучения и успеваемости студентов после внедрения нового лабораторного комплекса в учебный процесс.

Ключевые слова – сотовая связь, лабораторный комплекс, ONEPLAN, радиопланирование, основы систем мобильной связи.

I. ВВЕДЕНИЕ

В современном мире инфокоммуникационные технологии являются одной из наиболее динамично развивающихся областей, определяющих прогресс практически во всех сферах человеческой деятельности. Особую роль в этой области играют системы мобильной связи, обеспечивающие беспроводную передачу данных и голоса, а также доступ к широкому спектру сервисов для миллионов

пользователей по всему миру. Постоянное увеличение требований к скорости, надежности и эффективности мобильных сетей, а также появление новых стандартов и технологий (например, 5G и будущие поколения) диктуют необходимость непрерывного совершенствования подготовки специалистов в области инфокоммуникационных технологий.

Традиционные методы обучения, основанные на теоретическом изучении принципов работы систем мобильной связи, оказываются недостаточными и не формируют у студентов практических навыков, необходимых для решения реальных инженерных задач. Существующие лабораторные практикумы, как правило, используют устаревшее оборудование и не позволяют в полной мере моделировать сложные процессы, происходящие в современных сетях мобильной связи. Это приводит к тому, что выпускники вузов оказываются недостаточно подготовленными к работе с новейшими технологиями и испытывают трудности при адаптации к реальным условиям при проектировании сетей связи.

В соответствии с учебным планом от 24 апреля 2025г. дисциплина «Основы систем мобильной связи» по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» для очной формы обучения изучаемая в 6 и 7 семестре (3-го года подготовки) включает в себя 252 часа обучения. Из них в 6 семестре 18 часов составляют лекции, 34 часа лабораторные занятия, 18 часов практические работы, 56 часов самостоятельной работы студентов. В 7 семестре 18 часов лекции, 18 часов лабораторные занятия, 18 часов практические работы и 36 часов курсовой проект.

II. АКТУАЛЬНОСТЬ

В связи с возрастающим спросом на специалистов в телекоммуникационной отрасли, подготовка бакалавров по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» [1], владеющих навыками работы с системами автоматизированного проектирования сетей радиосвязи, становится крайне актуальной. Программное обеспечение ONEPLAN RPLS-DB RFP является признанным стандартом в сфере планирования и проектирования сетей связи, используемым большинством крупных операторов и проектных организаций как в России, так и за рубежом.

Учитывая активное участие Астраханской области в федеральных и региональных программах цифровизации, выпускники, обладающие опытом работы с ONEPLAN RPLS-DB RFP [2], имеют значительные перспективы трудоустройства в регионе. Для закрепления теоретических знаний и улучшения практической подготовки студентов необходимо проводить лабораторные занятия с использованием современных технологий и цифровых карт, отражающих актуальную инфраструктуру и планы развития Астраханской области. Это позволит выпускникам успешно адаптироваться к профессиональной деятельности и внести свой вклад в развитие цифровой экономики региона сразу после завершения обучения.

Традиционные подходы к обучению в области радиопланирования сетей мобильной связи 2-5G, включающие лекции и семинары, часто не обеспечивают достаточной практической подготовки. Студенты получают общие знания о принципах проектирования сетей, стандартах и методах оптимизации, однако, как отмечают исследователи [3], им часто не хватает опыта применения этих знаний на практике. В результате, даже после изучения теоретического материала, студенты сталкиваются с трудностями при решении реальных задач проектирования и оптимизации сетей связи из-за недостатка опыта работы с современными системами радиопланирования. Ограниченное взаимодействие между университетами и работодателями приводит к тому, что студенты не получают достаточного представления о современных технологиях и требованиях рынка труда. Использование компетентностного подхода при разработке учебных программ может эффективно адаптировать образовательный процесс к потребностям подготовки востребованных специалистов.

III. ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Методическое обеспечение дисциплины «Основы систем мобильной связи» содержит 12 лабораторных работ. Лабораторные работы были разработаны

авторами статьи на кафедре «Связь» Астраханского государственного технического университета.

В лабораторной работе №1 «Ознакомление с системой автоматизированного проектирования радиосвязи ONEPLAN» студент знакомится с программным комплексом ONEPLAN, его интерфейсом. Получает навыки в создании проектов, открытии и масштабировании карт в программном комплексе, а также осваивает методы поиска по координатам, подключения карт местности и матриц высот, что позволяет ему получить базовые знания для работы с геоинформационными системами в области проектирования радиосвязи. Пример работы инструмента поиска по координатам в программе ONEPLAN представлен на Рис. 1.

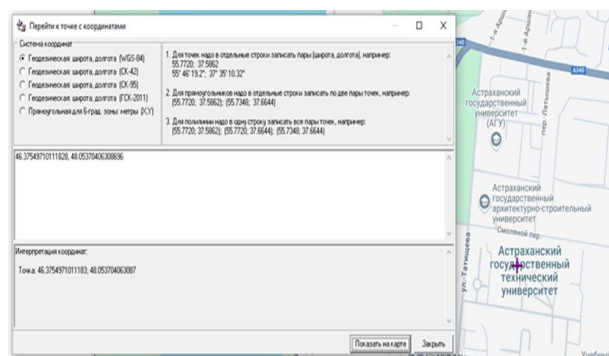


Рис. 1. Инструмент поиска по координатам в программе ONEPLAN

В лабораторной работе №2 «Исследование способов размещения объектов мобильной связи на местности в диапазоне GSM900 с использованием цифровой карты Астраханской области» студент получит умения по размещению базовых станций на цифровой карте в программном комплексе ONEPLAN RPLS DB RFP, изменению параметров излучения, таких как азимут секторов и высот антенн, а также приобретет знания о влиянии этих изменений на зону радиопокрытия, что позволит анализировать и оптимизировать размещение оборудования для достижения наилучшего покрытия сети. Пример карты уровня поля с измененными азимутами секторов антенн приведен на Рис. 2.

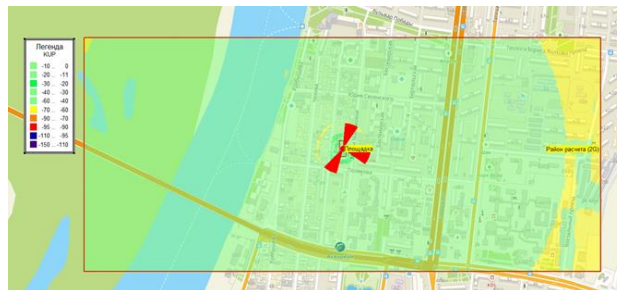


Рис. 2. Карта уровня поля с измененными азимутами секторов антенн

В лабораторной работе №3 «Исследование способов проектирования группы базовых станций в диапазоне

DCS1800 с использованием цифровой карты города Астрахань» студент получает опыт и представления о способах размещения антенн базовых станций на объекте, с учетом нормативных документов. Способность рассчитывать общую область покрытия, а также анализировать и визуализировать изменения зоны радиопокрытия, вызванные модификацией математических моделей и легенды отображения цветов. Так же навыки работы со встроенными справочниками ONEPLAN и инструментом анализа профиля местности. Пример работы инструмента профиль местности в программе ONEPLAN приведен на Рис.3.

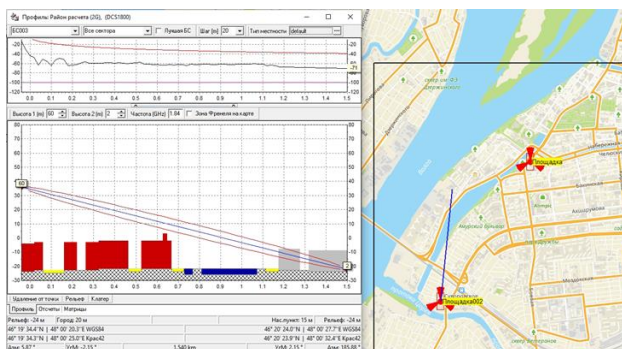


Рис. 3. Исследование профиля местности на цифровой карте Астраханской области в программе ONEPLAN

В лабораторной работе №4 «Исследование проектирования с разнесёнными антеннами базовых станций в диапазоне DCS1800 с использованием цифровой карты города Астрахань» студент получает навыки в разнесении антенн на разных сторонах одного здания, замены антенны на другие, с иной диаграммой направленности, изменении угла излучения, а также научится оценивать влияние этих параметров на зону радиопокрытия, что позволит ему принимать обоснованные решения при проектировании сетей связи. Пример выполнения работы в программном комплексе ONEPLAN приведен на Рис.4.

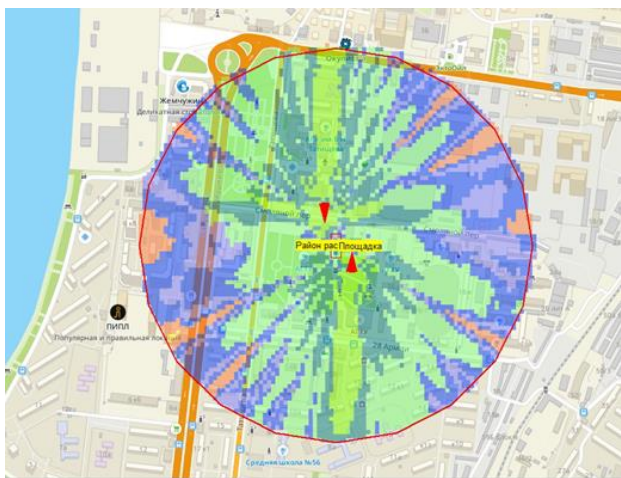


Рис. 4. Карта уровня поля с разнесёнными антеннами на здании АГТУ

В лабораторной работе №5 «Исследование способов размещения антенн с креном на местности в диапазоне GSM900 с использование цифровой карты Астраханской области студент приобретет компетенции в области размещения и управления антеннами базовых станций в условиях наклонной местности, овладеет методами расчета и оптимизации зон радиопокрытия с учетом углов наклона и крена антенны, а также расширенными возможностями системы проектирования, что позволит ему анализировать влияние указанных параметров на пространственные характеристики области радиопокрытия. Пример карты уровня поля с креном антенны 90 градусов представлен на Рис.5. Пример карты уровня поля с креном антенны 0 градусов представлен на Рис.6.



Рис. 5. Карта уровня поля с креном антенны 90 градусов

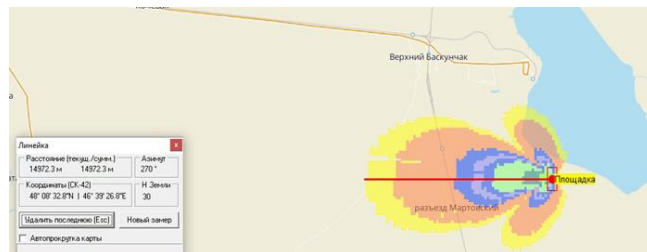


Рис. 6. Карта уровня поля с креном антенны 0 градусов

В лабораторной работе №6 «Расчёт протяжённой территории. Управление районом расчёта» учащийся освоит методологию планирования радиопокрытия для протяженных территорий, приобретет навыки конфигурирования сети базовых станций, оптимизации азимутов и углов наклона излучателей секторов с целью обеспечения целевого уровня сигнала в заданной зоне, а также научится визуализировать результаты моделирования посредством представления картографической информации с наложением легенды интенсивности электромагнитного поля. Пример выполнения работы на железнодорожной магистрали Ахтубинск – Верхний Баскунчак в программном комплексе ONEPLAN представлен на Рис. 7.

В лабораторной работе №7 «Моделирование радиочастотного плана в стандартной конфигурации базовых станций GSM» учащийся получит практический опыт в расстановке радиочастот в сети GSM, освоит принцип повтора частот

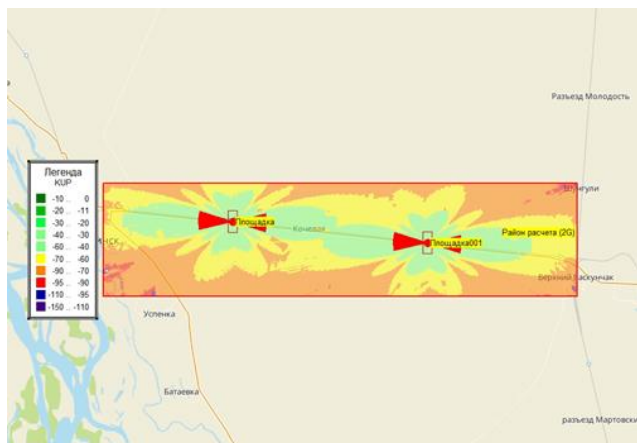


Рис. 7. Карта уровня поля Ахтубинск – Верхний Баскунчак

Кроме того, обучающийся научится минимизировать внутрисистемные электромагнитные помехи, назначая частоты для базовых станций в соответствии с рекомендациями по ЭМС, осуществляя анализ и проектирование плана сети в аналоговом виде на основе предложенных вариантов согласно вариантам.

Пример моделирования радиочастотного плана по две частоты на один сектор базовой станции представлен на Рис. 8.

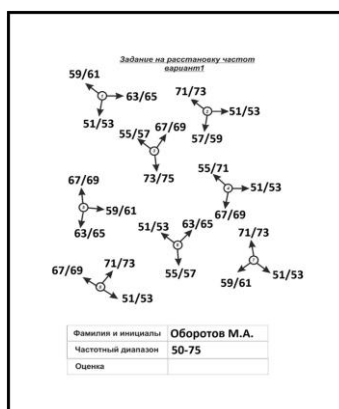


Рис. 8. Пример моделирования радио частотного плана по две частоты на один сектор базовой станции

В лабораторной работе №8 «Исследование способов моделирования частотного плана групповым способом» студент углубит и систематизирует ранее полученные навыки в области планирования радиочастотного ресурса в сетях GSM, применяя метод групповой расстановки радиочастот (по четыре частоты на сектор), что существенно повышает сложность моделирования плана сети вследствие экспоненциального роста числа возможных конфигураций и повторений, осуществляя анализ и проектирование плана сети в аналоговом виде на основе предложенных вариантов. Пример моделирования радиочастотного плана по четыре частоты на один сектор базовой станции представлен Рис.9.

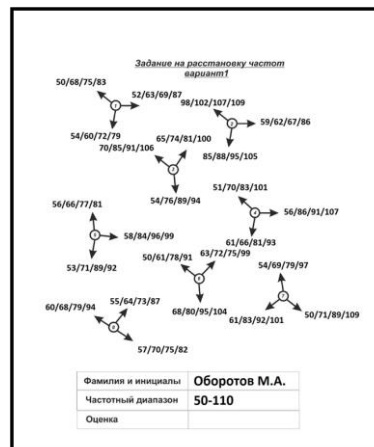


Рис. 9. Пример моделирования радио частотного плана по четыре частоты на один сектор базовой станции

В лабораторной работе №9 «Исследование способов моделирования частотного плана автоматизированным способом посредством программного комплекса ONEPLAN» студенты получают опыт в проектировании распределения радиочастот в сети GSM, используя принцип повтора частот и максимального снижения внутрисистемных электромагнитных помех групповым способом в ручном и автоматическом режиме (на базе ONEPLAN). Студенты проведут расчеты интерференций и нагрузок сети, создании модели трафика, а также создании частотно территориального плана сети.

Пример частотного плана в программном комплексе ONEPLAN приведен на Рис.10.

[illegible]

Рис. 10. Пример частотного плана в программном комплексе ONEPLAN

В лабораторной работе №10 «Анализ результатов частотного планирования посредством программного комплекса ONEPLAN» студент сможет анализировать результаты частотного планирования сотовой сети с использованием ONEPLAN, оценивать эффективность использования радиочастотного ресурса, выявлять зоны интерференции с применением соответствующих инструментов, а также рассчитывать пропускную способность сети, что позволит ему оптимизировать параметры сети для повышения её производительности. Пример построения графика пропускной способности сети от площади покрытия представлен на Рис. 11.

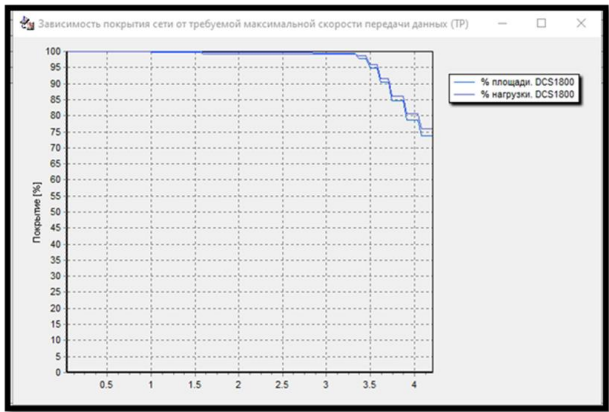


Рис. 11. График пропускной способности от площади покрытия сети

В лабораторной работе №11 «Планирование 3G сетей посредством программного комплекса ONEPLAN» студент освоит навыки моделирования и анализа зон обслуживания 3G сети в ONEPLAN, включая создание районов расчета, конфигурации сети, модели трафика, распределение кодов БС и расчет подробных показателей сети для оценки ее производительности. Пример расчета подробных показателей сети 3G приведен на Рис.12.

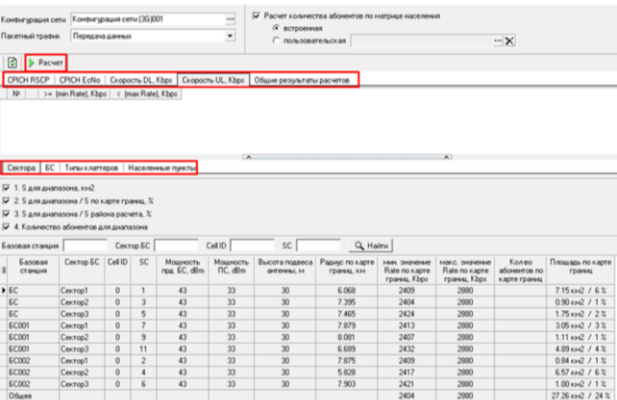


Рис. 12. Расчет подробных показателей сети 3G

В лабораторной работе №12 «Планирование 4G сетей посредством программного комплекса ONEPLAN» студент получает навыки анализа зон обслуживания 4G сети в ONEPLAN, включающие создание района расчета, конфигурации сети с учетом трафика, распределение кодов PCI/RSI, расчет подробных показателей сети, что позволит ему освоить практические аспекты планирования и оптимизации 4G сетей. Пример расчета отношения сигнал/помеха для 4G сети представлен на Рис. 13.

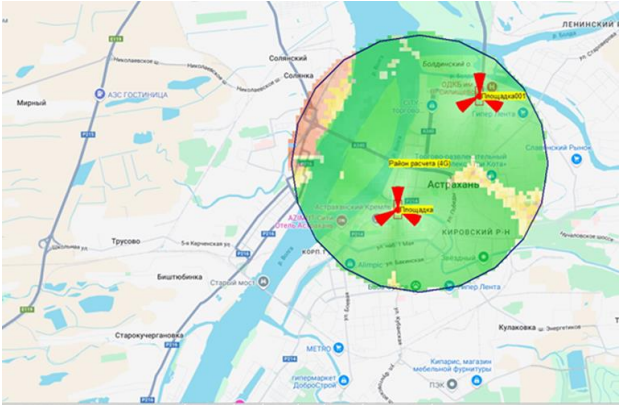


Рис. 13. Расчет отношения сигнал/помеха для 4G сети

В рассмотренные выше лабораторные работы включены далеко не все возможности программного комплекса ONEPLAN RPLS-DB RFP. Лабораторные работы составлены так, чтобы время занятий использовалось рационально и не перегружало студентов ввиду невозможности выполнения этих работ вне аудиторий кафедры. Но при необходимости комплекс может быть расширен или дополнен новыми работами, которые могут включать в себя следующие возможности программы:

- автоматическое создание заявки в радиочастотный центр на основе рассчитанной сети;
- построение графиков зависимостей результатов расчета от исходных данных;
- дополнительные способы работы с интерфейсом (упрощенный интерфейс);
- углубленное изучение оптимизации расчетов в зависимости от разных типов осадков, типичных для Астраханской области;
- дополнительное изучение работы со справочниками, создание собственных формул, моделей расчета, существующего оборудования.

IV. РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ
СТУДЕНТОВ С НОВЫМ ЛАБОРАТОРНЫМ
КОМПЛЕКСОМ

Для оценки эффективности нового лабораторного комплекса был проведен сравнительный анализ успеваемости студентов, обучающихся с использованием старого [4] и нового лабораторного комплекса. В эксперименте участвовали две группы студентов (по 10 человек в каждой). Первая группа обучалась с использованием старого лабораторного комплекса (контрольная группа), а вторая – с использованием нового лабораторного комплекса (экспериментальная группа).

Оценка успеваемости студентов проводилась на основе следующих критериев:

1. Формула среднего балла успеваемости (Average Grade, AG):

$$AG = \left(\frac{\sum G_i}{N} \right), \quad (1)$$

где:

AG - средний бал успеваемости студентов;

G_i - сумма баллов, полученных всеми студентами за все лабораторные работы;

N - общее количество студентов (10 человек).

Данная формула позволяет оценить средний уровень успеваемости студентов при выполнении лабораторных работ. Чем выше значение, тем лучше студенты усваивают материал, представленный в лабораторных работах.

2. Формула расчета процента успевающих студентов (Success Rate, SR):

$$SR = \left(\frac{NS}{N} \right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где:

SR - процент успевающих студентов;

NS - количество студентов, успешно сдавших экзамен или контрольную работу (получивших оценку выше определенного порога, например, "удовлетворительно");

N - общее количество студентов (10 человек).

Данная формула позволяет оценить долю студентов, усвоивших материал на достаточном уровне.

3. Формула повышения успеваемости учащихся (Improvement, I):

$$I = \frac{|AG_{old} - AG_{new}|}{AG_{old}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где:

I - повышение успеваемости учащихся в процентах;

AG_{old} - средний бал успеваемости до внедрения нового лабораторного комплекса;

AG_{new} - средний бал успеваемости после внедрения нового лабораторного комплекса.

Данная формула позволяет оценить, насколько улучшилась успеваемость студентов после внедрения нового лабораторного комплекса.

4. Формула изменения времени выполнения лабораторных работ (Time Changing, TC):

$$TC = \frac{|T_{old} - T_{new}|}{T_{old}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где:

TC - изменение времени выполнения лабораторных работ в процентах;

T_{old} - среднее время выполнения лабораторной работы с использованием старого комплекса (24 ч);

T_{new} - среднее время выполнения лабораторной работы с использованием нового комплекса (32 ч).

Данная формула, основанная на концепции процентного изменения, которая широко используется в статистике и анализе данных позволяет оценить, насколько изменилось время выполнения

лабораторных работ. В связи с увеличением числа работ с 8 до 12, время обучения значительно увеличилось.

5. Формула повышения эффективности лабораторного комплекса (Effectiveness Improvement, EI):

$$EI = \sqrt{(I^2 + TC^2)}, \quad (5)$$

где:

EI - повышение эффективности обучения;

I - повышение успеваемости (в процентах);

TC - изменение времени выполнения лабораторных работ (в процентах).

Формула является частным случаем более общей формулы для расчета результирующей величины вектора или евклидовой нормы вектора. Она используется для объединения нескольких показателей в один интегральный показатель, учитывает два ключевых фактора: улучшение успеваемости и изменение времени выполнения лабораторных работ. Применение квадратного корня учитывает вклад обоих факторов в общую оценку, не создавая чрезмерно большие значения.

После внедрения лабораторного комплекса в учебный процесс эффективность изучения «Основ систем мобильной связи» в программном комплексе ONEPLAN RPLS-DB повысилась на 54,2% - до 90%. Сравнение показателей успеваемости студентов в старом и новом лабораторном комплексе приведены в Табл. I.

ТАБЛИЦА I
ПОКАЗАТЕЛИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

Показатель	Старый комплекс	Новый комплекс
1. Средний бал успеваемости (Average Grade, AG):	3,43	4,9
2. Процент успевающих студентов (Success Rate, SR):	40%	90%
3. Повышение успеваемости учащихся (Improvement, I):	42,8%	
4. Изменение времени выполнения лабораторных работ (Time Changing, TC):	33,3%	
5. Повышение эффективности лабораторного комплекса (Effectiveness Improvement, EI):	54,2%	

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

1. Проанализирован текущий уровень изучения программного радиопланирования. Процент успевающих студентов со старым лабораторным комплексом составляет 40%.

2. Разработаны лабораторные работы, включающие в себя основные функции программного обеспечения и задания для закрепления изученного материала по дисциплине «Основы систем мобильной связи».

3. Рассчитана эффективность введения нового методического пособия в учебный процесс. Эффективность программного радиопланирования с новым лабораторным комплексом увеличилась на 54,2% до 90%.

4. Приведены возможности дополнения и расширения лабораторного комплекса.

Обобщая результаты проведенной работы, можно сделать вывод, что данный способ повышения эффективности изучения проектирования систем подвижной связи по дисциплине «Основы систем мобильной связи» по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» с помощью создания лабораторного комплекса с использованием ONEPLAN RPLS-DB RFP эффективен.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Образовательная программа высшего образования по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», профиль подготовки «Системы мобильной связи», квалификация выпускника «Бакалавр». Протокол №12 от 24 апреля 2025г. утвержденным ректором ФГБОУ ВО «АГТУ», д.б.н, профессор А.Н. Неваленный. URL: https://astu.org/sveden/files/zih/B_11.03.02_25_Sistemy_MS.pdf
- [2] ИнфоТел - российский разработчик программного обеспечения ONEPLAN/ОНЕПЛАН (ОНЕга+ПЛАнирование) URL: https://www.rpls.ru/ru/_products/oneplan-rpls-db/rfp/
- [3] «Повышение эффективности процесса формирования компетенций специалиста в области информационных систем» / Е. В. Романова, О. Б. Назаров, О. Е. Масленникова Л. З. Давлеткиреева, // Прикладная информатика. Journal of Applied Informatics - 2016. – Т.11. - №1 (61) – С. 71– 82.
- [4] Методические рекомендации по проведению лабораторных работ по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль подготовки «Системы мобильной связи» О. Н. Пишин. Астрахань – 2024. - 61 с.

Информация об авторах

Пишин Олег Николаевич – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Связь» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16. Email: o.pishin@yandex.ru

Оборотов Максим Андреевич – магистр 2-го курса обучения специальности «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16. Email: sviaz@astu.org

Research and development of a new laboratory complex in the discipline "Fundamentals of mobile communication systems" for training specialists in the information and communication technologies

O.N. Pishchin, M.A. Oborotov

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract – The issues of developing a new laboratory complex in the course "Fundamentals of mobile communication systems", designed to train specialists in the field of information and communication technologies in the field of 11.03.02 "Information and communication technologies and communication systems", the training profile "Mobile communication systems". The aim of the work is to create a functional and effective methodological laboratory complex based on the ONEPLAN RPLD DB RFP computer-aided design software module, which allows simulating radio wave propagation, analyzing coverage areas and interference, optimizing network parameters to improve communication quality and increase bandwidth, and offering tools for generating reports and documentation used by telecom operators and system integrators and regulators for effective management of the radio frequency resource. The article presents the main topics and objectives of the developed complex and demonstrates the possibilities of its use in the educational process.

The assessment of the effectiveness of teaching and student performance after the introduction of a new laboratory complex into the educational process was carried out.

Keywords – cellular communications, laboratory complex, ONEPLAN, radio planning, basics of mobile communication systems.

References

- [1] Educational program of higher education in the field of training 03/11/02 "Infocommunication technologies and communication systems", training profile "Mobile communication systems", graduate qualification "Bachelor". Protocol No. 12 dated April 24, 2025. approved by the Rector of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Technical Education "AGTU", Doctor of Biological Sciences, Professor A.N. Nevalenny. URL: https://astu.org/sveden/files/zih/B_11.03.02_25_Sistemy_MS.pdf
- [2] InfoTel is a Russian ONEPLAN software developer/ONEPLAN (ONEga+Planning) URL: https://www.rpls.ru/ru/_products/oneplan-rpls-db/rfp/
- [3] Improving the efficiency of the process of forming competencies of a specialist in the field of information systems / E. V. Romanova, O. B. Nazarov, O. E. Maslennikova L. Z. Davletkireeva // Applied Informatics. Journal of Applied Informatics - 2016. – Vol. 11. No. 1 (61). pp. 71-82
- [4] Methodological recommendations for laboratory work in the direction 11.03.02 "Infocommunication technologies and communication systems, training profile "Mobile communication systems" O. N. Pishchin. Astrakhan – 2024. - 61 p.