# Лабораторный комплекс для подготовки студентов по дисциплине «Локальные инфокоммуникационные сети»

И.А. Сидоров, К.Л. Игнатенкова

Научный руководитель А.В. Осовский

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Астраханский государственный технический университет" Астрахань, Россия*

***Аннотация*** **– В статье рассматривается разработка и внедрение лабораторного комплекса «Локальные инфокоммуникационные сети», предназначенного для формирования практических навыков у студентов в области проектирования, настройки и эксплуатации локальных вычислительных сетей. Представлен состав комплекса, включающего управляемые коммутаторы Huawei, D-Link, Edge-Core и Cisco, а также маршрутизатор Cisco. Такой подход позволяет изучать особенности сетевого оборудования различных производителей и его взаимодействие. Описаны возможности лабораторного практикума по освоению принципов IP-адресации, настройке протоколов удалённого доступа, построению различных сетевых топологий, организации виртуальных локальных сетей и межсетевой маршрутизации. Особое внимание уделено практическому изучению механизмов обеспечения безопасности и диагностике сетевых неисправностей. Рассмотрены содержание и методическое обеспечение пяти лабораторных работ. Показано, что использование реального телекоммуникационного оборудования позволяет дополнить теоретическую подготовку практическими навыками конфигурирования и эксплуатации сетевой инфраструктуры, необходимыми для профессиональной деятельности в области инфокоммуникационных технологий.**

***Ключевые слова*** **– коммутаторы, локальные сети, конфигурирование, безопасность.**

## ВВЕДЕНИЕ

В эпоху бурного развития телекоммуникаций и информационных технологий подготовка профессионалов высокого уровня требует внедрения свежих, нестандартных образовательных решений. Многие учебные заведения сталкиваются с дефицитом оборудования, адаптированного к реальным сценариям и отвечающего современным стандартам. Для подготовки специалистов по инфокоммуникационным технологиям на кафедре «Связь» Астраханского государственного технического университета в учебный процесс внедряются новые лабораторные комплексы на базе современного оборудования [1, 2] Реально работающее оборудование в отрасли телекоммуникаций (коммутаторы, маршрутизаторы, роутеры), включённые в комплекс, были предоставлены кафедре «Связь» Астраханского государственного технического университета (АГТУ) в качестве шефской помощи астраханским филиалом ПАО МТС.

Комплекс лабораторных работ был разработан на основе 9 коммутаторов: Huawei S2300 – 2шт, Edge-Core ES3528M – 2шт, D-Link DES-3028 – 3 шт, D-Link DES-3200 и Cisco 2960, а также одного маршрутизатора Cisco 2800 Комплекс обеспечивает возможность изучения архитектурных особенностей коммутаторов четырех распространенных производителей: Huawei, Edge-Core, D-Link и Cisco. Оборудование поддерживает полный спектр стандартных протоколов канального и сетевого уровня, включая виртуальную сегментацию (IEEE 802.1Q), агрегацию каналов (IEEE 802.3ad/LACP), протоколы предотвращения петель (STP/RSTP/MSTP), механизмы безопасности портов и приоритезации трафика (QoS) [3].

В результате прохождения лабораторного практикума с помощью данного лабораторного комплекса студенты получат опыт работы с реальными устройствами, а не их виртуальными моделями, представленными программными продуктами, например, Netcracker [4] или Cisco packet tracer [5], что приведет лучшему пониманию того, как построить эффективную и надёжную сетевую инфраструктуру.

## I. АКТУАЛЬНОСТЬ

В современных условиях цифровизации экономики и повсеместного внедрения инфокоммуникационных технологий локальные вычислительные сети (ЛВС) представляют собой критически важную

инфраструктуру любого предприятия, обеспечивающую передачу данных, доступ к корпоративным сервисам и взаимодействие распределённых информационных систем. Ключевым элементом построения ЛВС канального и сетевого уровня модели OSI являются коммутаторы, от характеристик, конфигурации и надёжности которых зависят производительность, отказоустойчивость и безопасность всей сетевой инфраструктуры.

Несмотря на широкое применение коммутаторов в современных локальных вычислительных сетях, остаются актуальными вопросы, связанные:

- с обеспечением совместимости оборудования различных вендоров. Различия в реализации стандартных протоколов (IEEE 802.1Q, 802.1D/w, 802.3ad) на коммутаторах Huawei, Cisco и D-Link приводят к сложностям при интеграции устройств в единую инфраструктуру, требуют глубокого понимания синтаксических особенностей конфигурирования и могут вызывать нестабильность работы сети при некорректной настройке;
- с безопасностью коммутации на канальном уровне**.** Уязвимости, связанные с атаками типа MAC Flooding, DHCP Spoofing, ARP Poisoning, требуют внедрения механизмов защиты портов (Port Security), динамической инспекции протоколов и аутентификации устройств (802.1X), что усложняет конфигурацию и требует тщательного планирования политик доступа;
- с планированием адресного пространства и идентификацией VLAN. Непродуманная схема нумерации виртуальных сетей, отсутствие единого стандарта именования и документирования приводит к сложностям при масштабировании инфраструктуры, затрудняет диагностику неисправностей и повышает риск конфигурационных ошибок при добавлении новых сегментов.

Внедрение лабораторного комплекса в учебный процесс и разработка к нему методического обеспечения не только улучшит качество образовательного процесса при подготовке бакалавров по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», но и будет способствовать подготовке специалистов с востребованными для рынка телекоммуникаций навыками.

## II. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА

Основные функции лабораторного комплекса:

- изучение архитектуры и принципов работы коммутаторов;
- освоение методов конфигурирования сетевого оборудования различных производителей;
- исследование различных топологий локальных сетей и их влияния на производительность;
- отработка технологий виртуальной сегментации (VLAN), агрегации каналов (LACP) и протоколов предотвращения петель (STP/RSTP);
- изучение механизмов обеспечения безопасности на канальном уровне;
- приобретение навыков диагностики неисправностей и мониторинга сетевого трафика.

Оборудование ведущих производителей, с которыми будут знакомиться студенты на лабораторных работах представлено на Рис. 1.

Лабораторный комплекс включает в себя несколько ключевых компонентов, каждый из которых выполняет определённую функцию в процессе обучения.

### *A. Коммутационное оборудование*

В составе комплекса представлены управляемые коммутаторы:

Huawei S2300 — устройства, построенные на операционной системе VRP, поддерживающие широкий спектр стандартных протоколов и предоставляющие гибкие возможности конфигурирования через интерфейс командной строки и веб-интерфейс [6].

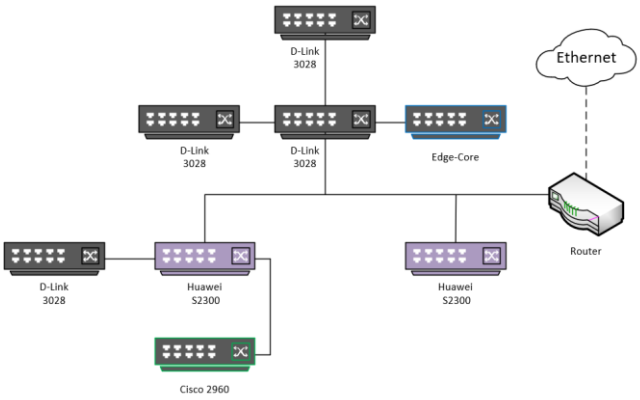


Рис. 1. Пример топологии на базе лабораторного комплекса

D-Link DES-3200/3028 – коммутаторы, ориентированные на применение в сетях операторов связи и корпоративных инфраструктурах, отличающиеся наличием расширенных функций безопасности и энергоэффективности [7].

Edge-Core ES3528M – специализированные устройства с оптическими портами 1000Base-FX, предназначенные для моделирования сетей доступа с протяжёнными сегментами [8].

### *B. Виртуальная сегментация сети (VLAN)*

Технология виртуальных локальных сетей позволяет логически разделить единую физическую инфраструктуру на несколько независимых широковещательных доменов. В лабораторном комплексе студенты отрабатывают создание и настройку VLAN, назначение портов в режимах Access

и Trunk, конфигурацию тегирования кадров по стандарту IEEE 802.1Q, а также организацию межсегментной маршрутизации [9-11].

*C. Протоколы предотвращения петель (STP/RSTP/MSTP)*

В сетях с избыточными связями критически важно предотвращать возникновение петель коммутации, которые могут привести к широковещательным штормам и нестабильности работы сети. Лабораторный комплекс позволяет исследовать работу алгоритмов Spanning Tree, настраивать приоритеты коммутаторов, анализировать время восстановления связности при обрыве канала.

*D. Механизмы безопасности*

Коммутаторы комплекса поддерживают широкий набор функций защиты: ограничение доступа к порту по MAC-адресам (Port Security), предотвращение атак типа MAC Flooding и DHCP Spoofing, аутентификация устройств через протокол 802.1X. Отработка данных механизмов позволяет студентам сформировать представление о методах обеспечения безопасности на канальном уровне**.**

## III. ПРИМЕРЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Методическое обеспечение лабораторного комплекса «Локальные инфокоммуникационные сети» содержит пять лабораторных работ. Каждая лабораторная работа содержит цель работы, теоретические сведения, необходимые студентам для освоения материала и понимания практической части работы, порядок выполнения работы, задания на лабораторную работу, контрольные вопросы – для закрепления полученных навыков и теоретического материала, содержание отчета по лабораторной работе.

В лабораторной работе №1 “Расчёт параметров подсети. Принципы IP-адресации и маски подсети” студенты не только закрепят знания об IP-адресации, но и изучат как именно нужно присваивать маску подсети, чтобы эффективно планировать адресное пространство локальной вычислительной сети с учётом требований к количеству узлов в каждом сегменте. В теоретической части работы студенты познакомятся с самим лабораторным комплексом, состоящим из коммутаторов различных производителей, их техническими характеристиками. Также студенты знакомятся принципами IP-адресации и структурой IP-адреса, маской подсети, классами адресов и CIDR, примером расчет параметров подсети, специальными диапазонами IP-адресов. Понимание механизма масок подсети позволяет студенту грамотно проектировать IP-план, избегать пересечения подсетей и экономить адресное пространство. В практической части работы студенты должны для своего варианта определить максимальное количество доступных IP-адресов в сети, первый и последний IP-адрес, проверить свой расчет через калькулятор IP-адресов.

В лабораторной работе №2 “Протоколы удаленного доступа-Telnet/Ssh. Программа-эмулятор терминала PuTTY” студенты изучат, как прописываются протоколы на разных видах коммутаторов и в чем заключаются концептуальные отличия между Telnet и SSH. В теоретической части работы студенты знакомятся с историческим контекстом стандартизация протоколами Telnet и SSH, архитектурной моделью и принципами их функционирования, форматом данных протоколов, управлением сессией и завершением соединения, методами аутентификации и функциональными возможности этих протоколов, сравнительной характеристикой протоколов Telnet [12] и SSH [13]. Кроме того, в теоретической части работы рассмотрена программа-эмулятор терминала PuTTY для конфигурирования сетевого оборудования. Работа выполняется на коммутаторе Huawei S2300. В практической части работы студентам предлагается подключить консольный порт к компьютеру, соединить два коммутатора Huawei между собой, запустить приложение PuTTY и прописать соединение по протоколам Telnet и SSH. В результате выполнения работы студенты освоят базовые команды (Рис. 2) для настройки виртуальных терминальных линий (VTY), научатся включать и отключать сервисы удалённого доступа, а также разграничивать уровни привилегий для локальных пользователей.

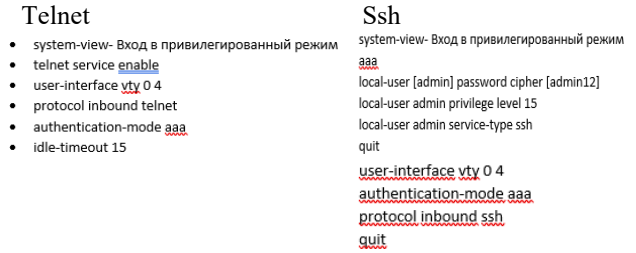


Рис. 2. Синтаксис команд для коммутатора Huawei S2300

В лабораторной работе №3 «Изучение топологий сетей «кольцо», «звезда», «шина» студенты получат практические навыки построения физических и логических сетевых структур («звезда», «кольцо», «шина») на базе коммутаторов Huawei и D-Link. Студенты исследуют влияние выбранной топологии на отказоустойчивость, производительность и масштабируемость локальной вычислительной сети. В теоретической части работы даны общие понятия топологии сетей, приведены критерии оценки топологий, рассмотрены архитектурные особенности, принципы функционирования, преимущества и недостатки, а также области применения топологий «звезда», «кольцо», «шина». Проведен сравнительный анализ этих топологий и рекомендации по выбору топологий. Работа выполняется на коммутаторах Huawei S2300 и D-Link 3028/3200. В практической

части работы студентам по своему варианту необходимо собрать топологии «кольцо», «звезда» или «шина» с заданным количеством устройств, произведя также необходимые настройки коммутаторов, прописав соединения по протоколам Telnet и SSH. На Рис. 3 приведен пример выполнения работы по топологии «звезда». В ходе выполнения работы, студенты смогут самостоятельно сравнивать эффективность различных схем соединения, анализировать поведение сети при изменении нагрузки и моделировать аварийные ситуации для оценки времени восстановления связности.

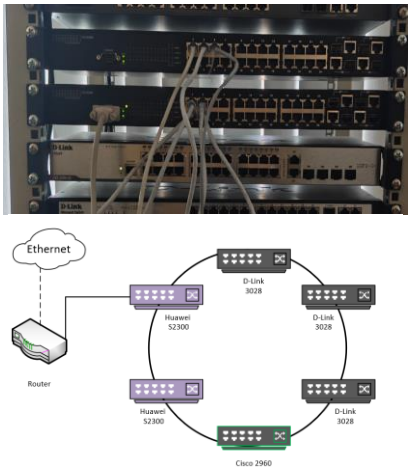


Рис. 3. Пример выполнения работы по топологии «звезда»

В лабораторной работе №4 «Изучение топологий сети «каждый с каждым», «древо» студенты получат практические навыки построения физических и логических сетевых структур «каждый с каждым» и «древо» на базе коммутаторов Huawei, D-Link и Cisco.

В теоретической части работы рассмотрены архитектурные особенности, принципы функционирования, преимущества и недостатки, а также области применения топологий «каждый с каждым» и «древо» Работа выполняется на коммутаторах Huawei s2300 и D-Link 3028/3200 и Cisco. В практической части работы студентам по своему варианту необходимо собрать топологии «каждый с каждым» или «древо» с заданным количеством устройств, произведя также необходимые настройки коммутаторов, прописав соединения по протоколу Telnet. На Рис. 4 приведен пример выполнения работы по топологии «каждый с каждым»

В лабораторной работе №5 «Построение комбинированных сетевых топологий с использованием маршрутизатора» студенты освоят принципы проектирования гибридных сетевых структур на базе коммутаторов и маршрутизаторов различных производителей, а также изучат концептуальные различия между коммутацией канального уровня и маршрутизацией сетевого уровня, отработав настройку статических маршрутов для обеспечения межсегментной связности.

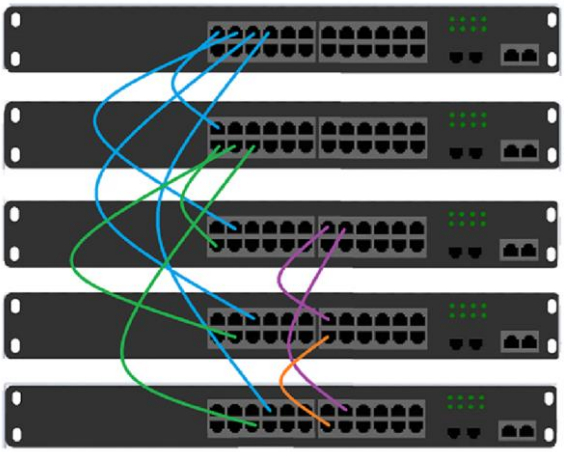

Рис. 4. Пример выполнения работы по топологии «каждый с каждым»

В теоретической части работы описаны различия между коммутатором и маршрутизатором, приведен список основных команд маршрутизатора Cisco, рассмотрены комбинированные сетевые топологии «Звезда-Кольцо» (Рис. 5), «Звезда-Шина», «Кольцо-Шина». Также рассмотрена роль маршрутизатора в гибридной топологии, принципы статической и динамической маршрутизации. Работа выполняется на коммутаторах Huawei S2300 и D-Link 3028/3200 и Cisco, а также для предотвращения ошибок соединения и петель используется маршрутизатор от компании Cisco. В практической части работы студентам по своему варианту необходимо собрать топологии «Звезда-Кольцо», «Звезда-Шина», «Кольцо-Шина» с заданным количеством устройств, произведя также необходимые настройки коммутаторов, прописав соединения по протоколу Telnet.

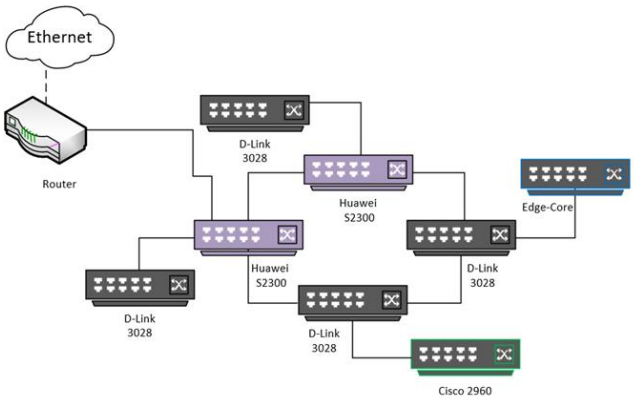


Рис. 5. Схема топологии «Звезда-Кольцо»

В ходе выполнения работы, студенты научатся анализировать таблицы маршрутизации, диагностировать проблемы межсетевого взаимодействия и оптимизировать пути передачи трафика в сложных топологиях. Дополнительно

студенты получат опыт конфигурирования шлюзов по умолчанию, настройки интерфейсов маршрутизатора и проверки сквозной связности между устройствами, расположенными в различных подсетях, что формирует компетенции, необходимые для проектирования масштабируемых корпоративных сетей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лабораторный комплекс «Локальные инфокоммуникационные сети» - позволяет освоить как теорию так и практику студентам по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Лабораторный комплекс успешно решает задачи изучения физических и логических структур сетей («звезда», «кольцо», «шина»), настройки протоколов VLAN, SSH/Telnet на оборудовании производителей Huawei, D-Link и Edge-Core, а также способствует подготовке к работе с современными технологиями, безопасной организации локальных сетей и диагностика неисправностей канального уровня.

Таким образом, внедрение лабораторного комплекса «Локальные инфокоммуникационные сети» совместно с разработанным к нему методическим обеспечением в учебный процесс не только улучшает качество образования, но и способствует формированию кадрового резерва для экономики, посредством подготовки специалистов с востребованными для рынка телекоммуникаций навыками.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность астраханскому филиалу ПАО “МТС” за предоставленное оборудование для кафедры «Связь» АГТУ.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] Призенцов А., Логинов А. Применение лабораторного комплекса «Телекоммуникационные линии связи» для подготовки специалистов в области инфокоммуникационных технологий //Системная инженерия и инфокоммуникации. – 2025. – №. 1. – С. 43-47.

[2] Логинов А., Призенцов А. Применение лабораторного комплекса «Волоконно-оптические системы передачи данных с временным и волновым уплотнением каналов» //Системная инженерия и инфокоммуникации. – 2025. – №. 4. – С. 23-31.

[3] Осовский, А. В. Анализ и расчёт трафика в телекоммуникационных системах : учебное пособие / А. В. Осовский, Н. С. Мальцева, Д. В. Кутузов ; ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». – Астрахань : Астраханский государственный технический университет, 2022. – 164 с. – ISBN 978-5-89154-739-1. – EDN WIASCK.

[4] Netcracker [Electronic resource]. – Access mode : file:///C:/Users/King/Downloads/[Butaev_M.M._Konnov_N.N.]_modelirovanie_seti_yev(BookSee.org ).pdf

[5] Cisco packet tracer [Electronic resource]. – Access mode : http://elib.bsut.by/bitstream/handle/123456789/932/cisco_packet_tracer_network_simulator_-_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[6] Huawei S2300 Switches User's Manual: [Electronic resource]. – Access mode : https://www.konturm.ru/download/driver/S2300/Quidway%20S2300%20Series%20Ethernet%20Switches%20Quick%20Start(V100R002C02_01).pdf

[7] D-Link DES-3200/3028 Switches User Manual [electronic resource]. – Access mode : https://ftp.dlink.ru/pub/Switch/DES-3028-3052/Description/DES-3028_28P_52_52P_Manual_v1_01_RUS.pdf

[8] User's Guide for Edge-Core ES3528M Switches [electronic resource]. – Access mode : https://www.easymanua.ls/edge-core/es3528m/manual

[9] Next-generation network protocols and architecture [electronic resource]. – Access mode : https://www.rosprint.ru/catalog/9785991208915/

[10] Computer networks. Principles, technologies, protocols [electronic resource]. – Access mode : https://www.piter.com/collection/all/product

[11] Joe L. Kinchelo, Kathleen Nolan, Youssef Progler, Peter Applebaum, Richard Carey, Donald S. Blumenthal-Jones, Marla Morris, Jay L. Lemke, Gail S. Cannella, Danny Vale, Kathleen S. Berry. [electronic resource]. – Access mode : Multiple Intelligences Reconsidered

[12] PuTTY Documentation — User Manual [electronic resource]. – Access mode : https://the.earth.li/~sgtatham/putty/latest/htmldoc

[13] OpenSSH Project — Official Documentation [electronic resource]. – Access mode : https://www.openssh.com/manual.html

### Информация об авторах

Сидоров Илья Александрович, магистрант 1-го года обучения по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, Россия, sidorov-456@yandex.ru

Игнатенкова Ксения Леонидовна – бакалавр 3курса по направлению «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, Россия, ksusha2040209zi@yandex.ru

Осовский Алексей Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Связь» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, Россия, a_osovskiy@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3174-9765

## Laboratory complex for student training in the discipline «Local Infocommunication Networks»

Ilya A. Sidorov, Ksenia L. Ignatenkova
Scientific supervisor Alexey V. Osovsky

*Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia*

***Abstract*** **– This article discusses the development and implementation of a laboratory complex titled "Local Information and Communication Networks," designed to help students develop practical skills in the design, configuration, and operation of local area networks (LANs). The complex includes managed switches from Huawei, D-Link, Edge-Core,**

**and Cisco, as well as a Cisco router. This approach enables students to study the specific features of network equipment from various manufacturers and how these devices interact. The laboratory curriculum covers key topics such as IP addressing, the configuration of remote access protocols, the creation of various network topologies, the implementation of virtual local area networks (VLANs), and inter-network routing. Particular emphasis is placed on the practical study of security mechanisms and the diagnosis of network faults. The content and methodological support for five laboratory assignments are presented. It is demonstrated that the use of actual telecommunications equipment complements theoretical training by providing the practical skills in configuring and operating network infrastructure that are essential for a professional career in the field of infocommunication technologies.**

***Keywords*** **– switches, local area networks, configuration, security.**

## REFERENCES

[1] Prizencov A., Loginov A. Primenenie laboratornogo kompleksa «Telekommunikacionnye linii svyazi» dlya podgotovki specialistov v oblasti infokommunikacionnyh tekhnologij //Sistemnaya inzheneriya i infokommunikacii. – 2025. – №. 1. – P. 43-47.

[2] Loginov A., Prizencov A. Primenenie laboratornogo kompleksa «Volokonno-opticheskie sistemy peredachi dannyh s vremennym i volnovym uplotneniem kanalov» //Sistemnaya inzheneriya i infokommunikacii. – 2025. – №. 4. – P. 23-31.

[3] Osovskij, A. V. Analiz i raschyot trafika v telekommunikacionnyh sistemah : uchebnoe posobie / A. V. Osovskij, N. S. Mal'ceva, D. V. Kutuzov ; FGBOU VO «Astrahanskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet». – Astrahan' : Astrahanskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2022. – 164 p. – ISBN 978-5-89154-739-1. – EDN WIASCK.

[4] Netcracker [Electronic resource]. – Access mode : file:///C:/Users/King/Downloads/[Butaev_M.M._Konnov_N.N.]_modelirovanie_seti_yev(BookSee.org ).pdf

[5] Cisco packet tracer [Electronic resource]. – Access mode : http://elib.bsut.by/bitstream/handle/123456789/932/cisco_packet_tracer_network_simulator_-_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[6] Huawei S2300 Switches User's Manual: [Electronic resource]. – Access mode : https://www.konturm.ru/download/driver/S2300/Quidway%20S2300%20Series%20Ethernet%20Switches%20Quick%20Start(V100R002C02_01).pdf.

[7] D-Link DES-3200/3028 Switches User Manual [electronic resource]. – Access mode : https://ftp.dlink.ru/pub/Switch/DES-3028-3052/Description/DES-3028_28P_52_52P_Manual_v1_01_RUS.pdf

[8] User's Guide for Edge-Core ES3528M Switches [electronic resource]. – Access mode : https://www.easymanua.ls/edge-core/es3528m/manual

[9] Next-generation network protocols and architecture [electronic resource]. – Access mode : https://www.rosprint.ru/catalog/9785991208915/

[10] Computer networks. Principles, technologies, protocols [electronic resource]. – Access mode : https://www.piter.com/collection/all/product

[11] Joe L. Kinchelo, Kathleen Nolan, Youssef Progler, Peter Applebaum, Richard Carey, Donald S. Blumenthal-Jones, Marla Morris, Jay L. Lemke, Gail S. Cannella, Danny Vale, Kathleen S. Berry. [electronic resource]. – Access mode : Multiple Intelligences Reconsidered

[12] PuTTY Documentation — User Manual [electronic resource]. – Access mode : https://the.earth.li/~sgtatham/putty/latest/htmldoc

[13] OpenSSH Project — Official Documentation [electronic resource]. – Access mode : https://www.openssh.com/manual.html

### Information about the authors

Ilya Alexandrovich Sidorov, 1st-year Master's student in the field of "Infocommunication Technologies and Communication Systems" at Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, sidorov-456@yandex.ru

Ksenia Leonidovna Ignatenkova, 3rd-year Bachelor's student in the field of "Infocommunication Technologies and Communication Systems" at Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, ksusha2040209zi@yandex.ru

Alexey Viktorovich Osovsky – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Communications, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia, a_osovskiy@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3174-9765