

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Сборник научных  
трудов

Выпуск 13



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Министерство науки и высшего образования РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени С. М. Кирова»

---

*Кафедра информационных систем и технологий*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ:  
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Сборник научных трудов

Выпуск 13

Санкт-Петербург  
2021

Рассмотрено и рекомендовано к изданию  
учебно-методической комиссией Ученого совета  
Санкт-Петербургского государственного лесотехнического  
университета имени С. М. Кирова

Редакционная коллегия:

кандидат технических наук, доцент **М. Р. Вагизов** (отв. редактор)  
кандидат технических наук, доцент **Н. В. Меламед** (отв. секретарь)  
кандидат технических наук, доцент **С. П. Хабаров**

Составитель

кандидат технических наук, доцент **Н. В. Меламед** (отв. секретарь)

Рецензент

доктор технических наук, профессор **Е. П. Истомирин**  
(Российский государственный гидрометеорологический университет)

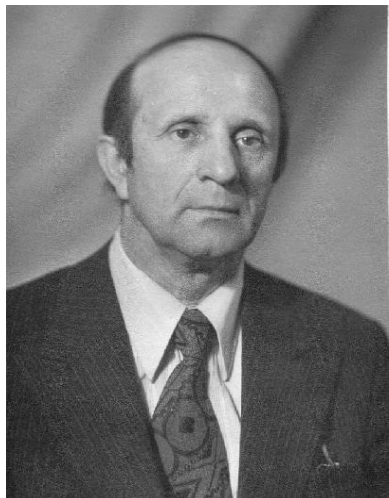
**Информационные системы и технологии: теория и практика:**  
сб. науч. тр. Вып. 13 / отв. ред. М. Р. Вагизов. – Санкт-Петербург:  
СПбГЛТУ, 2021. – 200 с.

ISBN 978-5-9239-1222-7

*Представлен кафедрой информационных систем и технологий.*

Сборник подготовлен по материалам кафедры вуза, представленным на научно-технической конференции института леса и природопользования СПбГЛТУ в феврале 2021 г., и практических работ, выполненных ее сотрудниками.

**100 – летию со дня рождения  
доктора технических наук, профессора,  
заслуженного деятеля науки и техники РСФСР  
Анатолия Михайловича Половко**



***ПОСВЯЩАЕТСЯ***

Анатолий Михайлович Половко (1921-2007 г.г.) - замечательный ученый и педагог, представитель славной плеяды советских - российских ученых, внесших значительный вклад в развитие науки и техники.

Известный ученый, специалист в области надежности сложных систем ракетно-космической техники.

В 1949г. закончил Ленинградскую военно-воздушную инженерную академию. Доктор технических наук (1964г.). Профессор (1966). Академик Международной академии транспорта (1996).

Преподаватель, старший преподаватель кафедры систем управления (1954-1966), начальник кафедры электронной вычислительной техники (1966-1973) Военной инженерной академии им. А. Ф. Можайского, заведующий кафедрой информатики и вычислительной техники Ленинградской лесотехнической академии (1973-1991), с 1991 года - профессор этой же кафедры.

Руководитель научной школы надежности систем управления и вычислительной техники. Под его руководством подготовлено 4 доктора и более 40 кандидатов технических наук.

***Из воспоминаний В.А.СМАГИНА, доктора технических наук, профессора Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского.***

*«Мой учитель – Анатолий Михайлович Половко – основоположник научной школы теории резервирования, ее применения в системах управления ракет и космических аппаратов. Природа редко дарит нам таких талантливых мыслителей и прекрасных людей. Огромное спасибо ей за это. Светлая, чистая и глубокая память о нём хранится в мечтах и делах его учеников.*

*Я, его первый учёный секретарь научного семинара по теории надёжности, с глубоким уважением храню в памяти множество событий из научной жизни моего учителя, связанных с успехами и трудностями в науке.*

*Благодарю судьбу за то, что она связала меня с ним, и отдаю низкий поклон его таланту и человечности».*

***Из воспоминаний ученика Анатолия Михайловича – доктора технических наук, профессора Гурова С. В.***



*«Я пришел работать в академию в 1976 году. Был поражен человеческим обаянием Анатолия Михайловича. Первое, что он спросил у меня – отношение к науке. На что я ответил, что хочу заниматься прикладной математикой в области теории массового обслуживания и надежности. Ответ Анатолия Михайловича был однозначный – Вы будете доктором наук, но технических, при одном условии: забыть про фундаментальные исследования и полностью посвятить себя теории надежности».*

***Из воспоминаний Ивана Шестакова «Как стать учёным»***

*«Многие специалисты относят себя к научной школе А.М.Половко, считая знакомство с ним главной удачей своей жизни.*

*Я был сорок первым аспирантом, которого подготовил Анатолий Михайлович Половко. Нет, не подготовил. Слово «подготовил» какое-то официальное, протокольное, типа: присутствовал, выступил, участвовал... и не отражает всего того, что было сделано им для меня. По смыслу ближе будет не подготовил, а вынянчил: как родители растят своих детей, наставляя на путь истинный, не жалея времени и сил; позволяя ребёнку методом проб и ошибок самому мастерить поделки, наблюдают за ним и в нужный момент, помогают так, что ребёнок и не заподозрит, что ему помогли, а потом вместе с ним радуются тому, как он всё прекрасно сделал и сам сделал, без посторонней помощи. Да, вот так и готовил нас Анатолий Михайлович в академии, не переставая удивлять своей жизнерадостностью и неподдельным интересом ко всему новому...».*

Основное направление научной деятельности А.М. Половко связано с разработкой методов и инженерных методик анализа надежности сложных объектов и систем ракетно-космической техники.

*По образному выражению сотрудников ЦКБЭМ Серогодского И.Н. и Хрусталева В.В.: «В том, что наш «Союз» столь долго и успешно летает на орбите, заслуга школы Половко» (из воспоминаний заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., д.э.н. профессора Н.К.Зайнашева).*



*История информатики и кибернетики в Санкт-Петербурге (Ленинграде). Вып.1. Яркие фрагменты истории // Под общ. ред. чл.-кор. РАН Р.М. Юсупова; составитель М.А. Вус; Ин-т информатики и автоматизации РАН. – СПб.: Наука, 2008. – 356 с.*

*В этом издании отмечается, что учениками выдающегося ученого в области механики, теории автоматического управления и робототехники, крупного организатора науки Евгения Павловича Попова, работавшего в академии были будущие доктор наук профессора Д.А. Башкиров, Ю.М. Козлов, А.М. Половко, В.М. Пономарёв, Е.И. Хлыпало, Р.М. Юсупов, и многие другие.*

*Впоследствии они сами стали крупными учёными в области автоматизации и управления.*

*Развивая теоретические и прикладные аспекты проблем управления летательными аппаратами, Е.П. Попов понимал, что задача создания современных систем управления является комплексной, что ее решение требует привлечения интеллекта многих специалистов. Именно поэтому среди его соратников были специалисты по теории полета и аэродинамике – Пономарев В.М., по навигации – Захарин М.И., Щепкина В.М., по надежности систем управления – **Половко А.М.**, по телеуправлению – Кочетков В.Т., по общей теории автоматического управления – Башкиров Д.А., Пальтов И.П., Бесекерский В.А., Федоров С.М., по математическим основам теории управления – Чернецкий В.И., по элементам автоматики – Лоскутов Г.М., по вычислительной технике – Беззубов Ю.И., Еременко И.В. и др.*

*В конце 50-х гг. Е.П. Попов поставил своему сотруднику **А.М. Половко**, работавшему на кафедре, задачу заняться проблемой надежности систем управления – областью науки, в то время абсолютно не исследованной. Основы аналитической теории надежности технических систем были сформированы к 1964 г. и опубликованы в монографии **А.М. Половко** «Основы теории надежности», вышедшей в издательстве «Наука». Эта монография, содержащая основные результаты докторской диссертации **А.М. Половко** стала первой советской книгой по теории надёжности, переведенной на английский язык в 1968 году и изданной в США.*

*После поездки **А.М. Половко** к Н.А. Пилюгину в академии начало бурно развиваться направление надежности технических систем. Начались совместные НИР с институтами Н.А.Пилюгина, В.Г. Сергеева, «Электронприбором», а затем и с ОКБ-1 С.П. Королёва.*

*А.М. Половко – заслуженный деятель науки и техники РСФСР (1971), почетный профессор Военной инженерно-космической академии им. А. Ф. Можайского (1996). Член редколлегии издательства "Советское радио" (1968-1971).*

*Имя А.М. Половко неразрывно связано с деятельностью ленинградской научной школы надёжности, куда также входили известные ученые И. А. Рябинин, Л. К. Горский, Н. М. Седякин, Г. Н. Черкесов, И. Б. Шубинский и др. Он возглавил Ленинградский кабинет надёжности, более 30 лет руководил Ленинградским общегородским семинаром по проблемам надёжности техники.*

#### ***Из воспоминаний профессора Гурова С. В.***

*«На семинарах по надежности технических систем присутствовало множество ученых, производственников, аспирантов и соискателей. Специалисты по надежности из других регионов Советского Союза часто приезжали в Ленинград, чтобы обменяться мнениями с представителями ленинградской школы, лично пообщаться с Анатолием Михайловичем. На*

*этих семинарах Анатолий Михайлович выглядел как артист. На него невозможно было спокойно смотреть. Он заводил людей своими удачными высказываниями, своей энергией, шутками. Но все было направлено на одно – увлечь собравшийся коллектив вопросами надежности сложных систем. На научных конференциях Анатолий Михайлович являл собой центральную фигуру, около которой группировались ученые, представляющие все основные школы по надежности технических систем.*

*Ни разу не подписывался под чужой работой, даже если был ее научным руководителем.*

*Внимательно выслушивал мнение собеседника, но, если его мнение было другим или ошибочным, то он обрушивался на оппонента всей мощью научных доказательств. Причем делал это спокойно и так, чтобы человек понял свое заблуждение. Разговор был очень лаконичный и понятный собеседнику.*

*Любил природу и работу на даче. Анатолий Михайлович широкой души и гостеприимный человек. Это может подтвердить каждый из сотрудников кафедры, кто участвовал в выездных заседаниях кафедры в Токсово. Прост в общении, и, в то же время, истинный интеллигент.*

*Великолепный исполнитель украинских и неаполитанских песен».*

Творческий и научный потенциал Анатолия Михайловича Половко материализован в фундаментальных трудах по надежности вычислительной техники и информационных систем, а также по современным компьютерным технологиям. Только за период с 2002 по 2007 годы он написал и издал следующие работы:

- серию учебных пособий для студентов по использованию математических пакетов в решении инженерных задач (Половко А.М. Derive для студента. Спб.: БХВ-Петербург, 2005; Половко А.М., Ганичев И.В. Mathcad для студента. Спб.: БХВ-Петербург, 2006.);

- двухтомную монографию, по собственному выражению Анатолия Михайловича, "**одно из главных дел его жизни**" (Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. 2-е изд., перераб. и доп. Спб.: БХВ-Петербург, 2006.; Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надежности. Практикум. Спб.: БХВ-Петербург, 2006.).

Нам его друзьям, коллегам, ученикам и сослуживцам посчастливилось долгое время работать с Анатолием Михайловичем на кафедре, которой он отдал более тридцати лет своей жизни. Его профессиональная деятельность - яркий пример беззаветного и бескорыстного служения НАУКЕ, которое продолжается его учениками и коллегами на кафедре информационных систем и технологий СПб ГЛТУ им. С.М. Кирова, а его научное наследие еще подлежит глубокому изучению и переосмыслению его последователями, учеными и специалистами.

Всего А.М Половко было написано более 150 научных трудов. Вот некоторые из них.

1. Маликов И.М., Половко А.М., Романов Н.А., Чукреев П.А. Основы

теории и расчёта надёжности. — Л.:Судпромгиз, 1959.

2. Маликов И.М., Половко А.М., Романов Н.А., Чукреев П.А. Основы теории и расчёта надёжности. Изд. 2-е, доп. — Л.:Судпромгиз, 1960. - 144с.

3. Кочетков В.Т., Половко А.М., Пономарёв В.М. Теория систем телеуправления и самонаведения ракет. — М.:Наука, 1964.

4. Половко А.М. Основы теории надёжности. — М.:Наука, 1964. - 446с.

5. Polovko A.M. Fundamentals of Reliability Theory / Translated by Scripta Technica, Inc. Translation Edited by William H. Pierce. — New York : Academic Press, 1968. - 459p.

6. Половко А.М., Гурович Б.Н. Метод расчёта надёжности резервированных восстанавливаемых устройств / Известия АН СССР. Техническая кибернетика. - 2004. - №4. — С.78-83.

7. Половко А.М., Маликов И.М., Жигарев А.Н., Зарудный В.И. Сборник задач по теории надёжности / Под ред. А.М. Половко и И.М. Маликова. - М. :Советское радио, 1972. - 408 с.

8. Панфилов И.В., Половко А.М. Вычислительные системы. - М. Сов. радио, 1980. - 304 с.

9. Половко А.М. Принципы построения абсолютно надёжных технических устройств. — СПб.:Знание, 1993.

10. Половко А.М., Гуров С.В. Надёжность технических систем и техногенный риск. — СПб.:Знание, 1998. - 119с.

11. Половко А.М. Анализ надёжности сложных технических систем по данным их эксплуатации. Надёжность самолета ТУ-154 М. Показатели надёжности сложной системы / Надёжность. - 2004. - №4(23). — С.54-62.

12. Половко А.М., Бутусов П.Н. Интерполяция. Методы и компьютерные технологии их реализации. — СПб.:БХВ-Петербург, 2004. - 320с.

13. Половко А.М., Бутусов П.Н. MATLAB для студента. — СПб.:БХВ-Петербург, 2005. - 317с.

14. Половко А.М. Математическая система Derive для студента. — СПб.:БХВ-Петербург, 2005. - 335с.

15. Половко А.М., Ганичев И.В. Mathcad для студента. — СПб.:БХВ-Петербург, 2006. - 328с.

16. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надёжности. — СПб.:БХВ-Петербург, 2006. - 702с.

17. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надёжности. Практикум. — СПб.:БХВ-Петербург, 2006. - 560с.

18. Половко А.М. Mathematica для студента. — СПб.:БХВ-Петербург, 2007. - 368с.

Материал подготовил ученик А.М. Половко – кандидат технических наук,  
профессор А.М. Заяц.

**М.Р. Вагизов**, кандидат технических наук, и.о. зав.  
кафедры информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им. С.М.Кирова  
bars-tatarin@yandex.ru

## **КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ: ОТ ПРОШЛОГО К БУДУЩЕМУ**

В июне 1968 г. приказом Министра высшего и среднего специального образования № 249 на базе лаборатории промышленной электроники была сформирована кафедра вычислительной техники, ныне кафедра информационных систем и технологий.

За сравнительно небольшой период своей деятельности кафедра информационных систем и технологий стала одной из серьёзных научно-образовательных и профилированных кафедр известных как в Санкт-Петербурге, так и в России. В соответствии с развитием научно-технического компонента на кафедре в разные периоды времени проводились передовые исследования в различных областях информационных технологий и систем, заложившие основы уникальным направлениям и научным школам. Сплочённый коллектив кафедры, опыт работавших людей оказывали большое влияние на жизнь не только Лесохозяйственного факультета, ныне Института леса и природопользования, но и Лесотехнического университета в целом.

Так, одним из известнейших ученых, работавших на кафедре, был профессор Половко Анатолий Михайлович (1921-2007) -один из основоположников теории надёжности систем, заслуженный деятель науки и техники. Анатолий Михайлович сформировал целую научную школу, его научные труды переводились за рубежом, он подготовил 40 кандидатов наук и 4 доктора наук. Профессор Панфилов Иван Васильевич (род. 1925 г.) - один из крупных ученых, работавших на кафедре в период с 1978 по 2017 год, ветеран Великой отечественной войны. Иван Васильевич в течение нескольких лет являлся председателем диссертационного совета по надёжности систем. В 2020 году профессору Панфилову И.В. исполнилось 95 лет.

В 2021 году 75 лет исполняется профессору кафедры ИСиТ Заяцу Анатолию Моисеевичу (1946 г.р.), заведующему кафедрой с 2000 по 2020 годы. За период работы заведующим кафедрой Анатолием Моисеевичем открыто направление подготовки «Информационные системы и технологии», в течение нескольких лет кафедра выпускала полный цикл профилированных IT-специалистов: бакалавров, инженеров, магистров и аспирантов. Под руководством и при непосредственном участии профессора студенты кафедры информационных систем и технологий участвовали в крупнейших мероприятиях по программированию, международных олимпиадах и занимали призовые места. Анатолием Моисеевичем сформированы научные исследования в области беспроводных сенсорных сетей, реа-

лизации комплекса учебных цифровых лесничеств, подготовлено и защищено по различным тематикам более 100 дипломированных специалистов. Также профессором Заяцем А.М. разработан уникальный профиль для подготовки магистров по направлению 35.04.01 – Лесное дело: магистерская программа "Информационные системы и технологии в лесном хозяйстве". Профессором Заяцем А.М. ведутся разработки в области применения беспроводных сенсорных сетей в лесном хозяйстве и сформирована надёжная научно-методологическая база в этом научном направлении.

Многие из программно-практических решений реализованных на кафедре были внедрены в деятельность ВУЗа и различных предприятий. Ежегодно на кафедре активно ведется патентно-лицензионная работа.

Выделяя научные исследования проводимые учёными кафедры, на сегодняшний день можно выделить крупные направления, среди которых:

- Инфокоммуникационные технологии;
- Беспроводные сенсорные технологии;
- Web-технологии и прикладное программирование;
- Сетевые технологии;
- Геоинформатика и технологии дистанционного исследования лесов;
- Теория принятия решений и риск в условиях неопределённости;
- Автоматизация учебного процесса и базы данных;
- Разработка датчиков сбора информации и показателей.

### ***Основное положение и роль кафедры информационных систем и технологий.***

*В части подготовки бакалавров и магистров, усовершенствование учебно-методического комплекса в соответствии с развитием научно-технической составляющей. Адаптация на современные программно-языковые и цифровые методы обучения в соответствии с реализацией и обновлением Федеральных государственных образовательных стандартов.*

*В научном плане, формирование и разработка фундаментальных и прикладных информационных технологий в области информатизации лесного хозяйства, развития методов дистанционного исследования лесов, автоматизированной обработки данных, применение методов машинного обучения и технологий искусственного интеллекта. Поиск финансирования и грантовой поддержки в реализации научно-исследовательских работ. Реализация и привлечение на секцию студенческого научного общества (СНО) студентов ВУЗа.*

*В организационно-воспитательном плане создание тематических студенческих интенсивов и хакатонов, участие студентов в олимпиадах Российского и международного уровня.*

2020 год в истории кафедры, как и для истории университета, стал знаменательным, впервые на направление подготовки 09.03.02 – Инфор-



мационные системы и технологии, принято 96 студентов, что составляет 4 академические группы. Данное обстоятельство свидетельствует как об общей популярности данной специальности, так и о востребованности специалистов в области информационных технологий на рынке труда. На кафедре ведется подготовка к открытию нового направления бакалавриата 05.03.03 – Картография и геоинформатика, профиль Геоинформатика.

Начата подготовка к развёртыванию научно-исследовательской лаборатории «Автоматизации и мониторинга лесного хозяйства». Основной целью разрабатываемой лаборатории является как программное, так и инженерно-техническое проектирование предлагаемых учёными кафедры решений. В частности разработка технологий сбора средств информации о лесе, как пассивных, так и активных, что неоднократно предлагалось учёными кафедры [1,2,3,4]

Полноценный, качественный цикл процесса обучения требует использования передовой компьютерной техники для её интеграции в учебный процесс. На сегодняшний день темпы развития вычислительных систем стремительно возросли. Вследствие этого, существует проблема опережения технологического развития, относительно его адаптации в учебный процесс.

Кафедра информационных систем и технологий ведёт открытую работу по привлечению производственных партнёров, для поддержания целевого трудоустройства будущих выпускников, обмена опытом и проведения совместных конференций в области информационных технологий.

Будущее кафедры информационных систем и технологий неразрывно связано с поиском применения информационных технологий к лесному сектору, внедрению в жизнь предлагаемых учёными кафедры решений, так остро необходимых и нужных отечественному лесному хозяйству в контексте цифровизации отрасли лесного хозяйства.

Передовой педагогический опыт старшего поколения, преемственность научных знаний создают прочную основу в достижении поставленных задач перед коллективом кафедры информационных систем и технологий в ближайшие годы.

### **Библиографический список**

1. Заяц А.М., Хабаров С.П. Исследование алгоритма работы распределенной системы мониторинга лесных территорий. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2019. № 229. С. 243-254.
2. Вагизов М.Р. Потенциал использования инфокоммуникационных технологий на основе RFID-меток в лесной сфере. Цифровые технологии в лесном секторе: материалы Всероссийской научно-технической конференции. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – 175 с. 26-29.
3. Бойцов А.К., Логачев А.А. Применение инфокоммуникационных и web-технологий для прогнозирования распространения лесных пожаров: ма-

териалы Всероссийской научно-технической конференции. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020.С. 23-25.

4. Заяц А.М., Хабаров С.П. Построение моделей беспроводных сетей с учетом энергопотребления и мобильности ее узлов. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. № 232. С. 252-264.

**Ю. Е. Актерский**, доктор военных наук, профессор  
Санкт-Петербургский университет государственной  
противопожарной службы МЧС России  
aue2002@yandex.ru

**Д. А. Федоров**, кандидат технических наук, доцент  
Военная академия материально-технического  
обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва,  
f\_doca@mail.ru

**В.В. Лабец**, кандидат технических наук, доцент  
Военная академия материально-технического обеспечения  
имени генерала армии А.В. Хрулёва  
vetalino@yandex.ru

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ В СЛОЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ**

Функционирование сложных организационно-технических систем (ОТС) непрерывного действия, таких как АЭС, ГЭС, ТЭЦ, а также систем военного назначения, в условиях динамического изменения параметров социальной среды и техносферы (внешней среды) требует систематического оценивания и анализа уровня эффективности их целевого применения для своевременного формирования соответствующих управляющих воздействий. Решение многопараметрической задачи оценки эффективности функционирования ОТС в современных условиях фактически невозможно без применения систем поддержки принятия решений (ППР) [1, 2] и разработки ее математической модели [3].

Современные подходы к построению систем ППР на основе математического моделирования достаточно подробно рассмотрены в [4, 5], где в качестве ключевых этапов разработки моделей определены:

- постановка задачи;
- разработка формализованной схемы;
- формализация задачи в общем виде;
- численное представление модели.

Следует отметить, что вопросы, связанные с формализацией функционирования сложных динамических многопараметрических ОТС, и методы построения их математических моделей в настоящее время недостаточно исследованы и для их решения требуется применение новых интегрированных подходов [6].

Результаты структурно-функционального и системного анализа процесса функционирования ОТС показывают, что ее эффективность определяется не только эффективностью решения частных задач основными подсистемами и структурными подразделениями, входящими в состав системы, но и эффективностью их взаимодействия между собой. Связь между эффективностью целевого применения ОТС в целом и отдельных ее подсистем и структурных подразделений имеет сложный и нелинейный характер. Очевидно, что в этом случае для описания образа возможных ситуаций модель эффективности функционирования ОТС должна быть представлена в виде иерархической совокупности однородных структур, характеризующих эффективность применения отдельных подсистем и структурных подразделений, а также уровень влияния техносферы (количественно-качественных характеристик существующих и перспективных технических систем, средств и технологий, разрабатываемых и применяемых на объектах) на степень реализации функциональных возможностей ОТС.

Разработанная модель содержит три уровня иерархически взаимосвязанных между собой многомерных размытых классификаторов (рис. 1).

Проанализируем процедуры ситуационной классификации, реализуемые каждым из классификаторов.

Классификаторы первого уровня 1.1 - 1.5 предназначены для решения задач распознавания образов ситуаций, характеризующих эффективность целевого применения функциональных  $W_{фп} i$  ( $i = \overline{1, N1}$ , где  $N1$  - количество подразделений, решающих функциональные задачи) и обеспечивающих  $W_{оп} j$  ( $j = \overline{1, N2}$ , где  $N2$  - количество подразделений, решающих задачи обеспечения целевого функционирования ОТС) структурных подразделений ОТС. Их количество определяется номенклатурой указанных подразделений.

Входными данными для классификаторов первого уровня служат оценки деятельности дежурных смен функциональных  $W_{дсф} i, r$  ( $i = \overline{1, N1}$ ;  $r = \overline{1, N3}$ , где  $N3$  - количество дежурных смен в  $i$ -м функциональном подразделении) и дежурных смен  $W_{дсо} j, l$  ( $j = \overline{1, N2}$ ;  $l = \overline{1, N4}$ , где  $N4$  - количество дежурных смен в  $j$ -м обеспечивающем подразделении) обеспечивающих подразделений. Деятельность дежурных смен по решению частных функциональных задач оценивается в соответствии с требованиями действующих руководящих документов, регламентирующих организацию и несение дежурства на техногенных объектах. В результате классификации данных групп показателей определяются нечеткие оценки степеней принадлежно-

сти уровня эффективности целевого функционирования структурных подразделений  $\mu_k(W)$  ( $k = \overline{1,3}$ ) к каждому из классов:

- класс 1 - "уровень эффективности высокий";
- класс 2 - "уровень эффективности удовлетворительный";
- класс 3 - "уровень эффективности неудовлетворительный".

В формализованном виде образ состояния уровня эффективности целевого применения структурных подразделений, предназначенных для решения функциональных задач, может быть описан следующим выражением:

$$W_{\phi zi} = \langle W_{дci,r} \rangle : i = \overline{1, N1}; r = \overline{1, N3},$$

где  $W_{дci,r}$  - оценки эффективности деятельности дежурных смен из состава  $i$ -го подразделения.

Поскольку оценки эффективности деятельности дежурных смен формируются на основе опосредованно предоставляемой информации в виде данных о результатах функциональных контролей аппаратуры и оборудования, оценок действий дежурных смен в различных ситуациях, результатов проверок теоретической и практической подготовленности дежурных смен для решения конкретных задач эксплуатации ОТС и т.п., то очевидно, что элементы образа уровня эффективности функционирования данных подразделений будут иметь нечеткий (размытый) характер. В этом случае оценка эффективности целевого применения  $i$ -го структурного подразделения также будет носить нечеткий характер и может быть представлена в виде вектора степеней принадлежности уровня эффективности целевого применения  $i$ -го подразделения к введенным классам:

$$\mu(W_{\phi zi}) = \{ \langle \mu_k(W_{\phi zi}) \rangle : k = \overline{1,3} \}, i = \overline{1, N1}$$

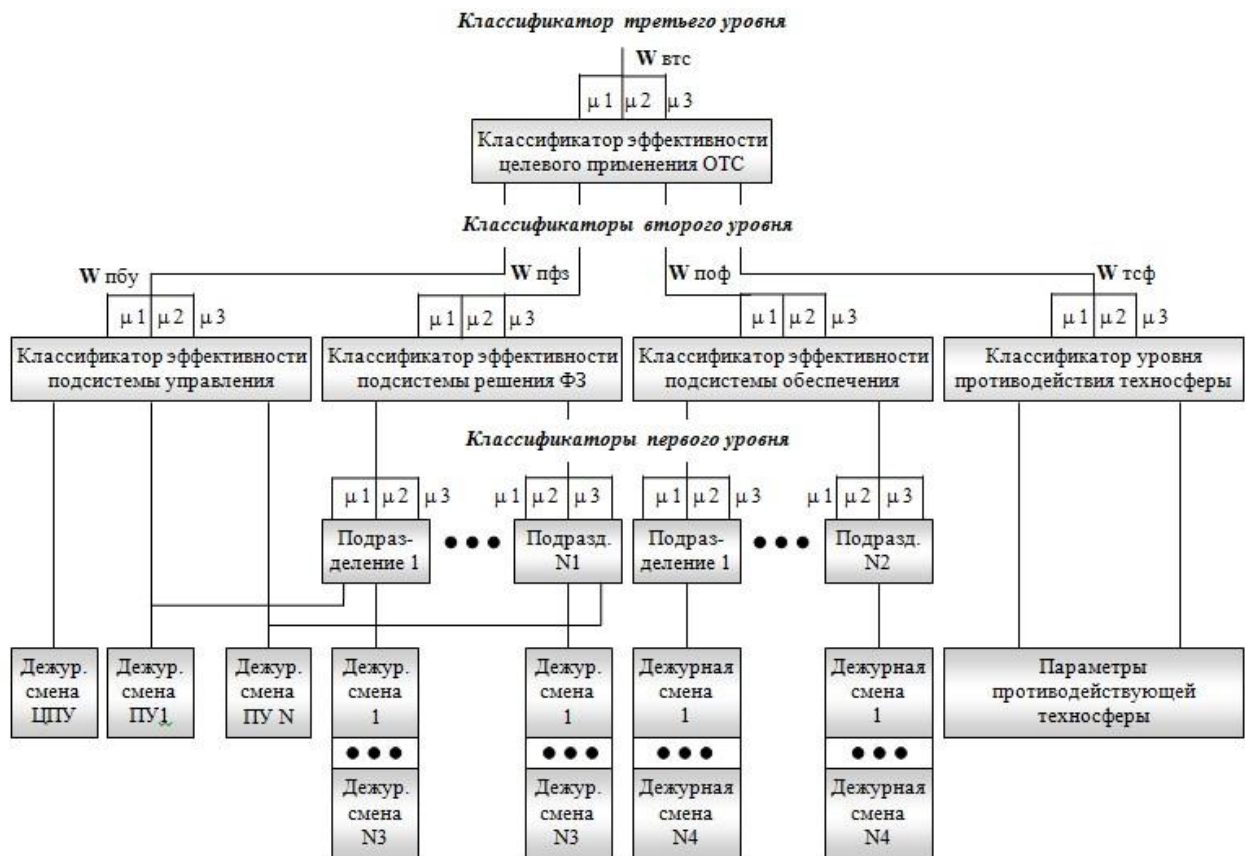
Для структурных подразделений обеспечения целевого функционирования ОТС аналогичные выражения примут вид:

$$W_{\phi j} = \{ \langle W_{дcj,l} \rangle : j = \overline{1, N2}; l = \overline{1, N4} \},$$

где  $W_{дcj,l}$  - оценки эффективности деятельности дежурных смен из состава  $j$ -го подразделения обеспечения целевого функционирования ОТС;

$$\mu(W_{\phi j}) = \langle \mu_k(W_{\phi j}) \rangle : k = \overline{1,3}, j = \overline{1, N2}.$$

Классификаторы второго уровня 2.1 – 2.4 предназначены для оценивания эффективности функционирования подсистемы решения задач оперативного управления  $W_{пзу}$ , подсистемы решения функциональных задач  $W_{пфз}$  и подсистемы обеспечения целевого функционирования  $W_{пф}$ . Также на этом уровне оценивается степень влияния техносферы  $W_{тсф}$  (разработка и совершенствование соответствующих технических систем, средств и технологий, повышающих эффективность целевого применения ОТС) на функциональные возможности системы, приводящего к повышению эффективности ее применения по назначению.



**Рис. 1** Структурная схема модели для оценки эффективности применения подразделений обеспечения в ОТС

Входными данными для классификатора уровня эффективности решения задач оперативного управления служат оценки деятельности дежурных смен центрального пункта управления ОТС  $W_{дспу}$  и пунктов управления соответствующих структурных подразделений  $W_{дспу_i}$  ( $i = \overline{1, N}$ ). Оценки их деятельности формируются в процессе выполнения задач дежурства в соответствии с требованиями руководящих документов, регламентирующих организацию и несение дежурства, то есть образ состояния уровня эффективности функционирования подсистемы управления  $W_{пзу}$  определяется следующими признаками:

$$W_{пзу} = W_{дспу}, \langle W_{дспу_i} \rangle : i = \overline{1, N}.$$

Результатом работы данного классификатора является вектор нечетких оценок степеней принадлежности уровня эффективности функционирования подсистемы управления к каждому из рассмотренных выше классов:

$$\mu(W_{пзу}) = \langle \mu_k(W_{пзу}) \rangle : k = \overline{1, 3}$$

Для оценивания уровня эффективности целевого применения подсистемы решения функциональных задач  $W_{пфз}$  на вход соответствующего классификатора подаются вектора нечетких оценок степеней принадлежности, характеризующие уровни эффективности функционирования струк-

турных подразделений данной подсистемы  $m(W_{\phi zi})$  ( $i = \overline{1, N1}$ ), то есть образ состояния эффективности применения по назначению данной подсистемы определяется следующими признаками:

$$W_{\phi z} = \langle \mu_i(W_{\phi zi}) \rangle : i = \overline{1, N1}$$

В результате классификации указанных признаков определяются нечеткие оценки степеней принадлежности уровня эффективности подсистемы решения функциональных задач к описанным ранее классам:

$$\mu(W_{\phi z}) = \langle \mu_k(W_{\phi z}) \rangle : k = \overline{1, 3}$$

Аналогичным образом функционирует классификатор, предназначенный для оценивания уровня эффективности подсистемы обеспечения целевого применения ОТС  $W_{\phi \phi}$ . Входными данными для него являются вектора нечетких оценок степеней принадлежности  $\mu_j(W_{\phi \phi j})$  ( $j = \overline{1, N2}$ ), формируемые соответствующими классификаторами первого уровня и характеризующие эффективность функционирования подразделений, образующих данную подсистему, т.е. образ состояния уровня эффективности ее функционирования определяется следующими признаками:

$$W_{\phi \phi} = \langle \mu_j(W_{\phi \phi j}) \rangle : j = \overline{1, N2}$$

В результате обработки указанных данных на выходе классификатора формируется вектор нечетких оценок степеней принадлежности уровня эффективности функционирования подсистемы обеспечения к каждому из перечисленных выше классов:

$$\mu(W_{\phi \phi}) = \langle \mu_k(W_{\phi \phi}) \rangle : k = \overline{1, 3}$$

Последний классификатор второго уровня обеспечивает оценивание влияния достижений техносферы  $W_{тсф}$  в области разработки технических систем, средств и технологий их применения в процессе эксплуатации ОТС на эффективность их целевого применения. Входной информацией для данного классификатора являются признаки, характеризующие количественные и качественные параметры существующих и перспективных систем, средств и технологий вооружения. Т.е. образ уровня отрицательного воздействия техносферы на эффективность целевого применения техногенной системы определяется следующими признаками:

$$W_{тсф} = \langle P_{тtxq}, P_{пpq} \rangle : q = \overline{1, N5},$$

где  $P_{тtxq}$  - вектор основных эксплуатационно-технических характеристик взаимодействующей техносферы;

$P_{пpq}$  - вектор признаков, характеризующих возможные варианты применения компонентов техносферы.

В силу того, что информация об основных параметрах перспективных систем и технологий, планируемых к внедрению на техногенных объектах, может корректироваться и изменяться, то, очевидно, что элементам образа уровня воздействия техносферы на ОТС в большей или меньшей мере присущ нечеткий характер.



Результатом обработки данных о состоянии техносферы в конкретной предметной области является вектор нечетких оценок степеней принадлежности  $\mu(W_{тсф})$  уровня ее воздействия на общую эффективность целевого применения техногенной системы в анализируемых условиях обстановки к каждому из следующих классов:

- класс 1 - "значительное повышение эффективности";
- класс 2 - "среднее повышение эффективности";
- класс 3 - "незначительное повышение эффективности":

$$\mu(W_{тсф}) = \langle \mu_k(W_{тсф}) \rangle : k = \overline{1,3}.$$

Классификатор верхней (третьей) ступени иерархии 3.1 осуществляет окончательное решение задачи определения степеней принадлежности уровня эффективности целевого применения ОТС к классам:

- класс 1 - "уровень эффективности высокий";
- класс 2 - "уровень эффективности удовлетворительный";
- класс 3 - "уровень эффективности неудовлетворительный".

С этой целью на вход данного классификатора подаются все значения степеней принадлежности к заданным классам, сформированные на выходах классификаторов второго уровня, т.е. образ состояния уровня эффективности функционирования социо-технической системы в целом определяется выражением:

$$W_{стс} = \langle \mu_k(W_{пзу}), \mu_k(W_{пфз}), \mu_k(W_{поф}), \mu_k(W_{тсф}) \rangle : k = \overline{1,3},$$

а выходной вектор нечетких оценок степеней принадлежности уровня эффективности к соответствующему классу имеет вид:

$$\mu(W_{стс}) = \langle \mu_k(W_{стс}) \rangle : k = \overline{1,3}.$$

Таким образом, разработанная математическая модель ОТС позволяет проводить широкомасштабный анализ степени влияния внутренних и внешних факторов, представленных в нечеткой расплывчатой форме, на уровень эффективности ее целевого применения. Практическая реализация данной модели при автоматизации управления является ключевым звеном повышения эффективности применения сложной ОТС в современных условиях.

### Библиографический список

1. Соловьёв И.В., Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Цветков В.Я. Основы управления сложной организационно-технической системой. Информационный аспект. – М.: МАКС Пресс, 2010. – 208 с.
2. Чугреев В.Л. Моделирование многопараметрических систем на основе информационных потоков / В. Л. Чугреев. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2013. – № 10 (57). – С. 78-81. – URL: <https://moluch.ru/archive/57/7795/> (дата обращения: 8.11.2020).
3. Филяев М.П. Проблемные вопросы применения имитационного моделирования при автоматизации производственных процессов // В сбор-

нике: Машиностроение: новые концепции и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Красноярск, 2020. – С. 192-196.

4. Аксенов К.А. Моделирование и принятие решений в организационно-технических системах: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 / К.А. Аксенов, Н.В. Гончарова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 104 с.
5. Воробьев А.А., Филяев М.П., Якшин А.С. Перспективы развития автоматизированной системы управления материально-техническим обеспечением / Наука и военная безопасность. 2019. № 3 (18). С. 67-74.
6. Филяев М.П. Интегрированный подход к формализации логистического процесса // В сборнике: Теоретические и концептуальные проблемы логистики и управление цепями поставок. Сборник статей II Международной научно-практической конференции (20-21 июня 2020 г.) – Пенза: ПГАУ – С. 82-86.

**А. К. Бойцов**, магистр

Кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им.С.М.Кирова  
A.K.Boitsov@yandex.ru

**А. П. Потапов**, магистр

Кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им.С.М.Кирова  
sarqant@gmail.com

**А. С. Булатов**, магистр

Кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им.С.М.Кирова  
evalleshairdis@gmail.com

## **ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ RFID ТЕХНОЛОГИЙ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

### **Введение**

В лесной отрасли существует острая необходимость прогноза состояния и динамики лесного фонда в целях управления в области использования, охраны, защиты леса, а также воспроизводства лесов [1]. Поэтому основной целью использования радиочастотной идентификации (Radio Frequency IDentification) в лесной отрасли является автоматизированный контроль поставок древесины, также мониторинг лесов от пожаров и незаконных рубок [5, 6].

В настоящее время существует множество исследований на тему использования RFID технологии в контроле и учете во всех отраслях производства, в том числе и в лесном хозяйстве. В последнее время активно

проводятся исследования в области повышения износостойчивости и прочности RFID меток, затрагиваются разные аспекты применения меток, их преимущества и недостатки.

В данной статье речь пойдет о проблематике использовании меток применяемых в лесном хозяйстве и также будут даны рекомендации по исправлению недостатков.

### **Использование RFID меток в лесной отрасли**

В последнее время технология RFID меток повсеместно внедряется в лесное хозяйство (рис. 1) [2]. Эта технология затрагивает такие технологические и производственные процессы, как:

- 1) наблюдение за деревьями, представляющими научный интерес (например, реликтовые леса);
- 2) мониторинг за ценными древесными породами, такими как дуб, бук и ясень, что может препятствовать незаконным вырубкам и обеспечить сохранность древесины при транспортировке [3];
- 3) автоматизированный контроль поставок древесины от леса до потребителя.

### **Проблемы применения RFID меток в лесном хозяйстве**

Технология радиочастотной идентификации не является панацеей при решении основных проблем в лесной отрасли. Помимо плюсов, которые несет в себе данная технология, у нее есть серьезные недостатки. Рассмотрим их подробнее.

*Проблемы мониторинга леса для борьбы с незаконной вырубкой при помощи RFID технологий*

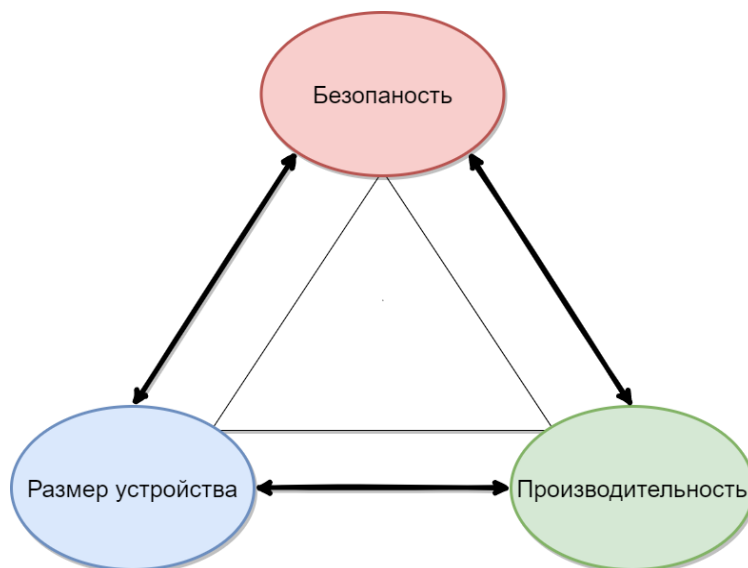
Маркировка деревьев RFID метками не уберегает лес от незаконной вырубки из-за конструктивной особенности меток: во время перевозки древесины требуются метки с повышенными защитными свойствами для защиты от механических повреждений, перепадов температур и влаги, поэтому метки устанавливаются снаружи бревен и могут быть удалены механическим путем - в некоторых случаях даже вручную или с использованием подручного инструмента. При таких обстоятельствах использование технологии RFID не дает гарантированную защиту от незаконных вырубок или неучтенных деревьев во время транспортировки сырья (рисунок 1) [7].

Чтобы избежать вмешательства со стороны нежелательных лиц необходимы RFID метки, которые сложно заметить или изъять с сортирента и которые будут иметь криптографическую защиту от считывания информации посторонними ридерами. Но на данный момент производство подобных меток не представляется возможным из-за конструктивной особенности строения меток.



**Рис. 1** Маркировка древесины при помощи RFID меток

При производстве меток с повышением безопасности растет стоимость и размер метки, из-за чего подобная метка станет более заметной и уязвимой для внешнего воздействия, например, ее удаления из древесины (рисунок 2). Если же делать метку незаметной глазу, то её будет легко обнаружить и взломать с помощью ридеров и вспомогательных устройств. Нельзя забывать и о том, что если делать незаметную металлическую метку и внедрять её внутрь древесины, то в случае не извлечения метки на производстве могут возникнуть дорогостоящие поломки деревообрабатывающих станков и оборудования.



**Рис. 2** Баланс параметров конструкции RFID метки

### **Проблемы автоматизированного контроля поставок древесины при помощи RFID технологий**

Для осуществления автоматизированного контроля поставок древесины требуется соблюдение определенных условий.

1) Перевозимое сырье должно располагаться в открытых или полукрытых вагонах и прицепах потому, что закрытые контейнеры прерывают радиосигналы и делают затрудненным считывание информации с RFID меток ридерами. Это связано с таким физическим явлением как радиопрозрачность материала: разные материалы пропускают определенные радиочастоты или не пропускают вовсе. Но даже при прохождении через радиопрозрачные материалы радиоволны испытывают затухание [4].

2) Для автоматического контроля за поставками по всей цепочке транспортировки требуется создать дорогостоящую инфраструктуру или модернизировать уже существующую. Оборудование для обеспечения контроля поставок должно включать в себя следующие элементы: стационарные ридеры; персональные компьютеры с выходом в сеть Интернет; доступ к базе данных, с которой будет сверяться информация, полученная после прочтения RFID меток при прохождении контрольно-пропускных пунктов (дата вырубki, место вырубki, количественные и качественные характеристики перевозимого сырья); терминалы для получения информации о состоянии груза в режиме реального времени.

Для решения данной проблемы необходимо дождаться более широкого внедрения технологии в лесное хозяйство, что приведет к удешевлению и упрощению её производства [9]. Требуется разработать и установить стандарты конструкции RFID метки для применения в маркировке древесины и наладить массовое производство меток подобного вида.

### Экономическая целесообразность использования RFID технологий

Технология RFID внедрилась во многие отрасли экономики (транспортные системы, безопасность и финансы, сельское хозяйство, логистика и розничная торговля), но повсеместного применения в лесном хозяйстве не получила (рис. 3) [10].

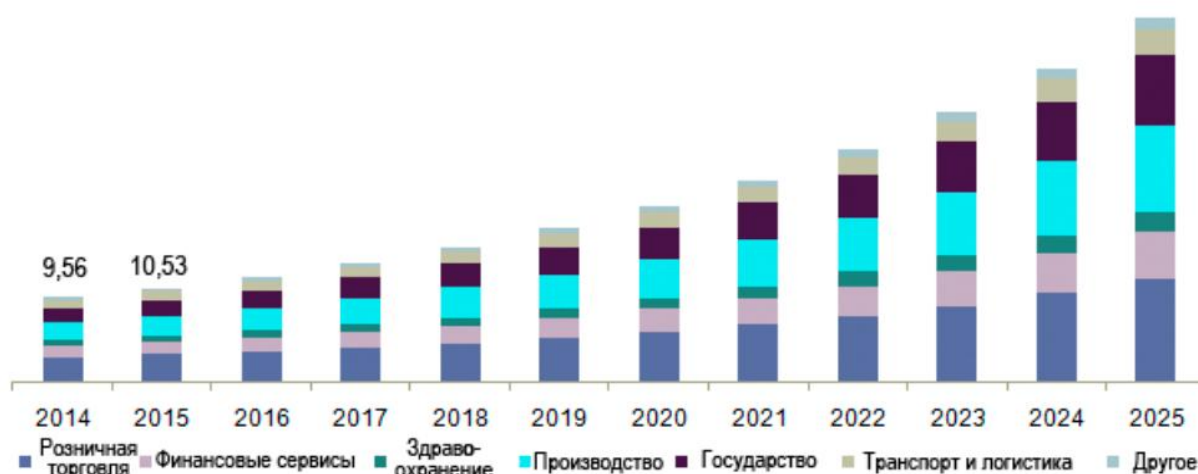


Рис. 3 График объема мирового рынка RFID технологий по отраслям экономики, в млрд. долларов США по данным GRAND VIEW RESEARCH

Для сплошной маркировки древесины только ценных пород при лесозаготовке требуется непомерно большое количество RFID меток. Так как для маркировки древесины требуются метки повышенной устойчивости к внешним воздействиям, цены на них будут начинаться примерно от 15-20 рублей за штуку без учета оптовой закупки, что приводит к очень высоким затратам на повсеместное использование меток. Стоит учитывать, что только метками стоимость внедрения технологии не ограничивается: для обеспечения записи/считывания информации с меток необходимо наличие ридеров, цены на которые начинаются от десятков тысяч за портативные и доходят до сотен тысяч рублей за стационарные модели. Для правильной записи, считывания и хранения информации с меток необходимо рабочее и поддерживаемое программное обеспечение, которое требует издержки на штат сотрудников. Также нельзя забывать о том, что запись информации на метки и их установка является ручным трудом, что несет дополнительные затраты на производстве.

Данные процессы нецелесообразны до тех пор, пока они не будут автоматизированы, например, создание комплекса записи информации на RFID метку о срубленном сортименте, установленном на харвестерной головке. Предположим, что комплекс размещался бы под ограничителем пилы, для установки меток на свежесрубленный торец сортимента. Он включал бы в себя такие элементы, как: модернизированный пневматический молоток, который автоматически будет устанавливать метку; ридер, который будет записывать только полученную информацию с датчиков головки харвестера на пустую RFID метку; контейнер-лента, содержащий в себе пустые метки для записи данных. На выходе получаем промаркированные RFID метками сортименты с записанной на них необходимой информацией.

## **Выводы**

На основании вышеизложенного, технология радиочастотной идентификации применительно к лесному хозяйству обладает потенциалом, но на данный момент не приобрела повсеместного распространения из-за дороговизны производства и трудности внедрения технологии в лесную промышленность.

## **Библиографический список**

1. Бойцов А.К., Дуплинская Д.Д. Воспроизводство лесов в России. //В сборнике: Актуальные вопросы в лесном хозяйстве Материалы VI международной научно-практической конференции молодых ученых. 2020. С. 15-20
2. Вагизов М.Р.. Потенциал использования инфокоммуникационных технологий на основе RFID-меток в лесной сфере // Цифровые технологии в лесном секторе: мат-лы Всероссийской научно-технической конференции. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический уни-



- верситет имени С.М. Кирова; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020. - С. 26-29
3. ABLoud [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://abloud.blogspot.com/2019/08/rfid-uhf.html> (дата обращения: 28.01.2021).
  4. Иманкул М.Н. Приложения RFID-систем: текущие проблемы и тренды // Инновационное развитие науки и образования. Азизов Ш.Н., Алешина М.Н., Бочкарева Е.В., Бычкова Н.В., Вердиева Д.А., Волков В.В., Волкова А.В., Воронков В.В., Гамидова М.М., Далингер В.А., Джевага А.В., Захаров В.В., Захарова Н.И., Иманкул М.Н., Климовцова Н.А., Ключков В.В., Котова Е.А., Кравченко А.Г., Леонтьева А.В., Линева Е.А. и др. монография. Пенза, 2019. С. 158-166.
  5. Бойцов А.К., Логачев А.А. Применение инфокоммуникационных и web-технологий для прогнозирования распространения лесных пожаров // Цифровые технологии в лесном секторе: мат-лы Всероссийской научно-технической конференции. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2020. - С. 23-25
  6. Бойцов А.К., Хабаров С.П. Современные беспроводные технологии в лесном хозяйстве // Актуальные вопросы в лесном хозяйстве: сборник трудов по материалам III международной научно-практической конференции молодых ученых (Санкт-Петербург, 6-8 ноября 2019): Полиграф-Экспресс (Махачкала), 2019. С. 138-142
  7. Петряев В.Е., Герц Э.Ф., Перепечина Т.А. Мониторинг леса для борьбы с незаконной вырубкой с помощью RFID технологий // Научные исследования и разработки молодых ученых. 2016. № 9-1. С. 144-147.
  8. Бойцов А.К. Современные беспроводные технологии интерактивности в сфере рекламы и PR // В сборнике: XII Всероссийский форум по связям с общественностью в сфере кино и телевидения «PRКИТ-2019». материалы студенческой научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2020. С. 44-47.
  9. Санников С.П., Герц Э.Ф., Дьячкова А.А. Методология дистанционного мониторинга древостоев и транспортных потоков древесины // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2016. № 3 (351). С. 109-116.
  10. Radio Frequency Identification Technology Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (RFID Tags, RFID Readers, and Middleware), By Frequency, By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2018 - 2025 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/radio-frequency-identification-rfid-technology-market> (дата обращения: 30.01.2021).

**Н.П. Васильев**, кандидат технических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им. С.М.Кирова  
nikpv@mail.ru

**Б.М. Каримов**, бакалавр 4 курса  
СПбГЛТУ им. С.М.Кирова  
kbm99@mail.ru

## **СВЯЗЬ С ВНЕШНИМИ СЕРВЕРАМИ ИЗ WEBVIEW МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ**

### **Введение**

Компонент `webview` является основой гибридных приложений `cordova`, которые используют этот компонент мобильной платформы для воспроизведения `web`-контента [1, 6, 7]. По сути, `cordova` — это нативный код-обёртка мобильной платформы, реализующий обращение к `webview` и загрузку `web`-контента — результат разработки гибридного приложения. Поскольку код `cordova` является открытым, то подобные приложения представляют гибрид нативного кода (`objective-c` — для `iOS`, `java` — для `Android`) и `web`-кода (`html`, `css`, `javascript`).

Доступный мобильный интернет, по всей видимости, является причиной популярности задач обмена данными мобильных приложений с сервисами глобальной сети [4, 5]. Гибридные приложения в этом плане не являются исключением. Наиболее востребованным для реализации обмена остаётся протокол `http` и протокол обмена шифрованными данными — `https` [2].

Для разработчика гибридных приложений существует несколько альтернативных подходов к решению этой задачи. Например, можно программировать обмен данными на языке мобильной платформы (`objective-c`, `swift` — для `iOS`, `java` — для `Android`) и непосредственно использовать предусмотренные платформой для этих целей библиотеки и технологии. Однако, в этом случае требуется изучение этих технологий и теряются достоинства гибридной разработки. Альтернативой является использование готового нативного кода от эко-сообщества в виде подходящих плагинов. Можно сказать, что этот подход является официальным для технологии `cordova`. Среди плагинов для удалённого обмена данными наиболее популярным является `cordova-plugin-file-transfer`.

С появлением стандарта `HTML5` существенно расширились возможности коммуникаций непосредственно из кода гибридного приложения. Объект `XmlHttpRequest` существенно усовершенствован в `HTML5` [3]. Чтобы подчеркнуть отличия от прежней версии иногда добавляют `Level 2` в конце названия. Объект `XmlHttpRequest Level 2` теперь способен работать с двоичными данными (`BLOB`, `ArrayBuffer`), выполнять кросс-доменные запросы, использовать защищённый канал (`https`). Изменения косну-

лись также интерфейса, появилось событие «progress», позволяющее следить за процессом передачи данных.

В настоящей статье изложены результаты исследования особенностей кросс доменного обмена из webview ведущих мобильных платформ: iOS и Android. Заметим, что для гибридного приложения любая сетевая активность является кросс-доменной, поскольку основной контент грузится из песочницы приложения. Современные браузеры следуют политике same-origin policy, которая запрещает любые кросс доменные запросы. Это означает, что допускается обмен данными только с сервером, от которого был получен первичный контент, запросы к **внешним** серверам запрещены. Исключениями являются: загрузка содержимого фреймов (iframe), загрузка стилей CSS (link), загрузка кода JavaScript (script).

Эти ограничения, к сожалению, не исключают так называемые xss-атаки (англ. Cross-Site Scripting — «межсайтовый скриптинг»), количество которых продолжает нарастать (<https://snyk.io/open-source-security/>). Возможно, по этой причине в HTML5 предусмотрен мета тэг «Content-Security-Policy», который предназначен для установки дополнительных ограничений.

Вместе с тем в HTML5 появилась возможность кросс-доменного обмена данными с **внешними** серверами, следуя протоколу CORS — Cross Origin Resource Sharing. Заметим, что до появления CORS официальных способов загрузки данных с внешних серверов не существовало: разработчики пользовались обходными путями. Поскольку CORS является предметом исследования, то он требует более детального обсуждения.

## CORS

Спецификация CORS предусматривает ряд специальных заголовков, предназначенных для кросс-доменного обмена данными. Заголовки CORS доступны только браузеру (или webview) — интерфейс объекта XMLHttpRequest не позволяет изменить эти заголовки для исключения фальсификации. Специальные заголовки и предусмотренная дисциплина выполнения запросов позволяют браузеру совместно с сервером обеспечить контроль доступа и безопасность обмена. Сервер должен дать разрешение на кросс-доменный обмен данными.

Ряд признаков определяет необходимость выполнения вспомогательного запроса — preflight request. В результате браузер должен получить разрешение от сервера на выполнение основного запроса — main request. В безопасной с точки зрения браузера ситуации предварительный запрос не формируется, а выполняется основной запрос, который в этом случае называется простым запросом — simple request.

Например, простой запрос выполняется для передачи данных формы (заголовки content-type содержит значения application/x-www-form-urlencoded или multipart/form-data) или для передачи текста (content-type содержит значение text/plain). Если метод запроса — PUT или DELETE, то выполняется вспомогательный запрос preflight request. Вспомогательный

запрос будет выполнен, например, если тип контента — `application/json` (или `application/xml`) или указан нестандартный пользовательский заголовок.

В любом случае браузер формирует заголовок `origin`, в котором указывает основной домен (`url` из которого загружен исходный контент). В ответ сервер формирует заголовок `access-control-allow-origin`, в котором указывает допустимые домены. Если домен не допускается, то запрос блокируется (рисунок 1).



**Рис. 1** Simple request. Звёздочка означает, что допускается запрос с любого домена.

Метод вспомогательного запроса — `OPTIONS`. Кроме заголовка `origin` во вспомогательном запросе формируется заголовок `Access-Control-Request-Method` и заголовок `Access-Control-Request-Headers`. Здесь браузер указывает метод основного запроса и его нестандартные заголовки. В ответ сервер формирует указанный выше заголовок `access-control-allow-origin`, а также два дополнительных заголовка: `Access-Control-Allow-Methods` и `Access-Control-Allow-Headers`. В дополнительных заголовках сервер указывает допустимые в основном запросе методы и заголовки. Например, вспомогательный запрос браузера может содержать следующие заголовки CORS:

```
OPTIONS /doc HTTP/1.1
Origin: http://foo.example
Access-Control-Request-Method: POST
Access-Control-Request-Headers: CustomHeader, Content-Type
```

Сервер может ответить так:

```
HTTP/1.1 204 No Content
Access-Control-Allow-Origin: https://foo.example
Access-Control-Allow-Methods: POST, GET, OPTIONS
Access-Control-Allow-Headers: X-PINGOTHER, Content-Type
```

Если по указанным параметрам основной запрос допустим, то он выполняется, иначе блокируется.

## Приложение для тестов

Гибридное приложение Cordova не позволяет воспользоваться консолью web-разработчика для отслеживания запросов и ответов, поэтому для этих целей подготовим простое тестовое приложение. Суть теста состоит в том, чтобы спровоцировать preflight request. Очевидно, для этого достаточно установить нестандартный заголовок и передать небезопасное содержимое, например, application/json. Интерфейс XMLHttpRequest не позволяет отследить preflight request, который выполняется webview мобильной платформы. В приложении доступен только основной запрос. Таким образом, заголовки вспомогательного запроса можно перехватить только на серверной стороне и отправить их обратно клиенту в ответ на основной запрос. Клиент покажет эти заголовки исследователю.

В интерфейсе тестового приложения достаточно предусмотреть поле для ввода URL внешнего сервера, кнопку для активации передачи (OK), журнал для отображения циркулирующих запросов (LOG) и кнопку для очистки журнала (CLEAN):

```
<body>
  <div>
    <input type="text" id="URL">
    <div id="BTNDIV">
      <input type="button" value="OK" onclick="send()">
      <input type="button" value="CLEAN" onclick="clean()">
    </div>
  </div>
  <div id=LOG></div>
</body>
```

Передача данных — реакция на кнопку OK:

```
function send() {
  var url = document.getElementById('URL').value;
  var xhr = new XMLHttpRequest();
  xhr.open('POST', url, true);
  // небезопасное содержимое
  xhr.setRequestHeader('Content-Type', 'application/json');
  // нестандартный заголовок
  xhr.setRequestHeader('QUESTION', 'It is not standard header');
  xhr.onload = function () {
    if(xhr.response) {
      log(xhr.response);
    }
  };
  xhr.onerror = function() { log("An error occurred"); };
  var web_api = {QUESTION: "Who is the first president of America?"};
  xhr.send(JSON.stringify(web_api));
}
```

В представленном фрагменте кода формируется POST-запрос к URL, указанному в поле ввода. Данные передаются в формате json. Кроме этого,

формируется нестандартный заголовок QUESTION. Таким образом, браузер обязан выполнить preflight request, заголовки которого возвратит эхо-сервер (обсуждается далее). Заголовки ответа, а также сам ответ отображаются с помощью функции log:

```
function log(msg) {
    var LOG = document.getElementById("LOG");
    var div = document.createElement('div'),
        txt = document.createTextNode(msg);
    div.innerHTML =msg; LOG.append(div);
}

// для очистки журнала
function clean(msg) {
    var LOG = document.getElementById("LOG");
    LOG.innerHTML = '';
}
```

Функция clean() предназначена для очистки журнала.

Эхо-сервер реализован на php (hello.php). Для его работы потребуются функции чтения заголовков и тела запроса:

```
<?php

function getHeaders() {
    $headers = apache_request_headers();
    $ret = ''; foreach($headers as $header => $value) {
        $ret .= "$header: $value <br/>\n";
    }
    return $ret;
}

function getBody() {
    $body = '';
    $fh = @fopen('php://input', 'r');
    if($fh) {
        while(!feof($fh)) {
            $s = fread($fh, 1024);
            if (is_string($s)) $body .= $s;
        }
        fclose($fh);
    }
    return $body;
}

?>
```

Обрабатываем вспомогательный запрос (preflight request):

```
<?php

function CORS() {
    global $REQUEST_METHOD, $OPTIONS, $HEADERS, $BODY;

    $responseHeaders = ''; // для заголовков ответа

    if (isset($_SERVER['HTTP_ORIGIN'])) {
```



```

$hdr = "Access-Control-Allow-Origin: *";
header($hdr);
$responseHeaders .= "$hdr<br/>";
}

// обработка preflight request
if($REQUEST_METHOD == 'OPTIONS') {
    if( isset($_SERVER['HTTP_ACCESS_CONTROL_REQUEST_METHOD']) ) {
        // допустимые методы основного запроса
        $hdr = "Access-Control-Allow-Methods: GET, POST";
        header($hdr);
        $responseHeaders .= "$hdr<br/>";
    }
    if( isset($_SERVER['HTTP_ACCESS_CONTROL_REQUEST_HEADERS']) ) {
        $hdr = "Access-Control-Allow-Headers: " .
            $_SERVER['HTTP_ACCESS_CONTROL_REQUEST_HEADERS'];
        header($hdr);
        $responseHeaders .= "$hdr<br/>";
    }
    // сохраним preflight request в файле
    $fh = fopen("OPTIONS", "w");
    fwrite( $fh, $HEADERS . $BODY .
        ($responseHeaders ?
            "<br/><strong>Response headers</strong><br/>$responseHeaders":
            '' );
    fclose($fh);
    exit(0);
}

// если был preflight request поместим
// его в глобальную переменную $OPTIONS
if(file_exists("OPTIONS")) {
    $OPTIONS = file_get_contents("OPTIONS");
    unlink("OPTIONS");
}
}
?>

```

В представленной функции для метода запроса OPTIONS (то есть метода вспомогательного запроса preflight request) в ответе формируются заголовки, разрешающие браузеру выполнить последующий основной запрос (main request). Информация о запросе (заголовки запроса, тело запроса, а также заголовки, сформированные в ответе) сохраняется в файле. Содержимое этого файла будет передано в теле ответа на последующий основной запрос. Предполагается, что основной запрос следует непосредственно за preflight request. В процессе обработки основного запроса данные из файла считываются в переменную \$OPTIONS и файл удаляется.

Ответ формируется следующим образом:

```

<?php
$REQUEST_METHOD = $_SERVER['REQUEST_METHOD'];
$BODY = getBody();
$HEADERS = getHeaders();
$OPTIONS = '';

```

```

CORS () ;

$BODY = $BODY ? "<strong>---request body---</strong><br/>$BODY" : '';
$OPTIONS = $OPTIONS ?
  "<strong>Preflight request OPTIONS</strong><br/>$OPTIONS<hr/>" : '';

echo $OPTIONS .
  "<strong>Main request $REQUEST_METHOD</strong><br/> $HEADERS $BODY";

function getHeaders() { ... }

function getBody() { ... }

function CORS() { ... }

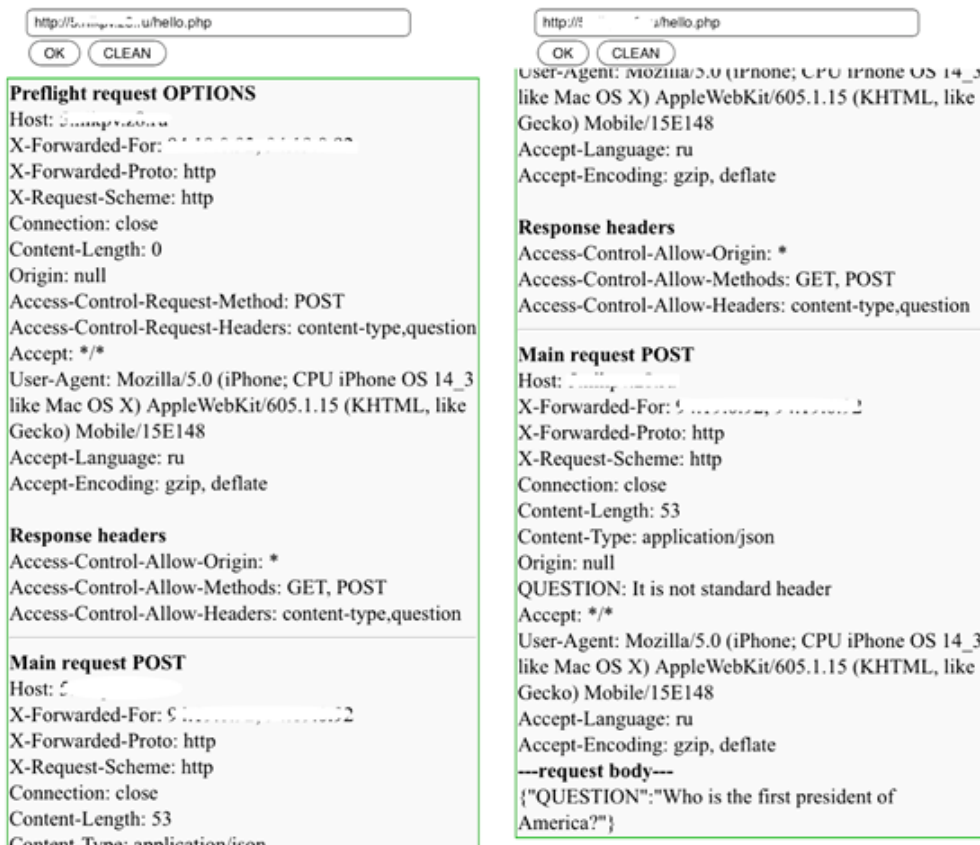
?>

```

Таким образом, если был выполнен preflight request, то он будет зафиксирован в файле с именем OPTIONS. Следующий за вспомогательным запросом основной запрос отправит содержимое этого файла клиенту, который отобразит информацию обо всех выполненных запросах.

### Тест в iOS

С помощью тестового приложения выполняем кросс-доменный запрос в iOS. Результат представлен на рисунке 2.



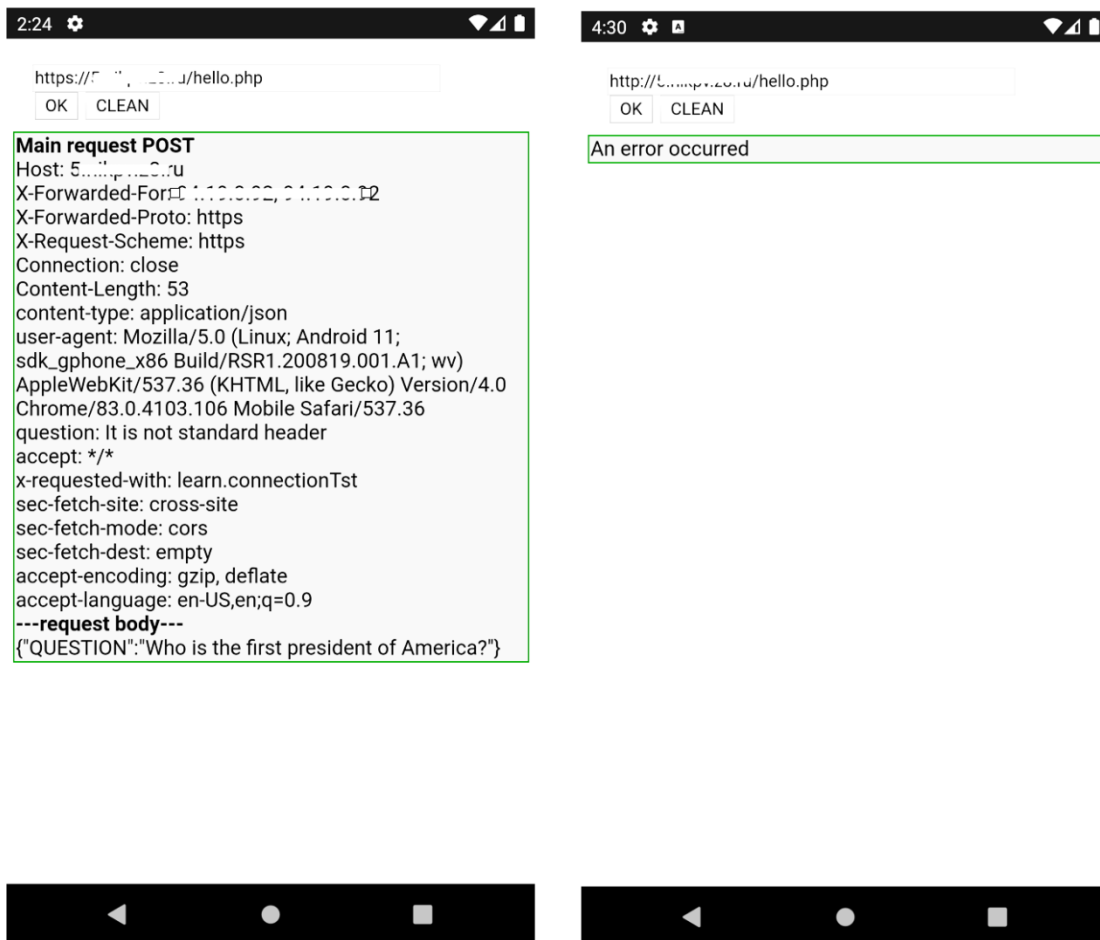
**Рис. 2** Результат теста для iOS. Web View платформы работает в строгом соответствии со спецификацией CORS. Скриншот справа — это часть, которая не уместилась на экране устройства.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- Компонент webview выполняет вспомогательный запрос preflight request строго в соответствии со спецификацией CORS.
- Заголовок origin запроса preflight request имеет значение null. Эта особенность объясняется тем, что гибридное приложение cordova загружает web-контент непосредственно из «песочницы» приложения, которая не имеет доменного имени.
- Для защищённого соединения (https) циркуляция запросов происходит аналогично.
- Для блокировки обмена достаточно в ответе на вспомогательный запрос preflight request в заголовке Access-Control-Allow-Origin указать значение отличное от null и \*, например, значение BLOCK. В интерфейсе объекта такой ответ приводит к ошибке (событие onerror).

### Тест в Android

Результат запуска тестового приложения на платформе Android представлен на рисунке 3.



**Рис. 3** Результат теста для мобильной платформы Android. Запрос с использованием открытого протокола http блокируется. Для кросс-доменных запросов используются заголовки fetch metadata request headers (<https://w3c.github.io/webappsec-fetch-metadata/>)

## Выводы:

- Webview мобильной платформы Android устанавливает связь с внешним сервером только по зашифрованному каналу (https).
- Для схемы http связь блокируется. В интерфейсе объекта XMLHttpRequest инициируется событие onerror. Заметим, что связь можно разблокировать после специальных настроек сетевой конфигурации приложения.
- Для кросс-доменного запроса предварительный запрос (preflight request) не выполняется и заголовки CORS не используются. Вместо заголовков CORS в основном запросе используются заголовки sec-fetch-site, sec-fetch-mode и sec-fetch-dest. Назначение этих заголовков передать дополнительную информацию, которую сервер может использовать для выявления подозрительных запросов.

Отметим, чтобы открыть доступ к внешним серверам по нешифрованному каналу, достаточно выполнить настройку сетевой конфигурации гибридного приложения. Один из самых простых способов такой настройки состоит в следующем. В файле манифеста приложения, который легко найти и открыть в Android Studio, следует установить значение «true» для атрибута «android:usesClearTraffic» тэга «application» (рис.4).

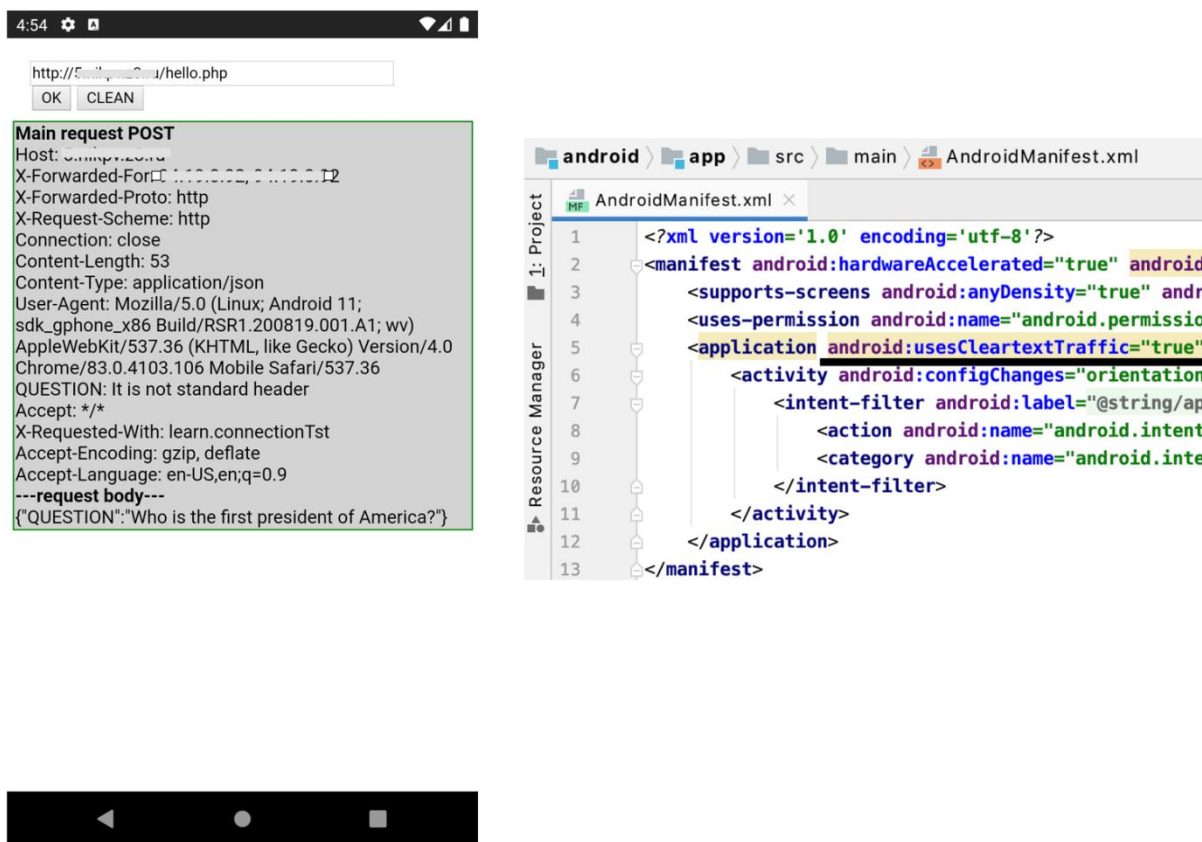


Рис. 4 Запрос с использованием открытого протокола http выполнен успешно после настройки сетевой конфигурации в файле манифеста приложения: usesClearTraffic="true".

## Заключение

В статье рассматриваются технологии связи с http и https-серверами из гибридных приложений для ведущих мобильных платформ iOS и Android. Появление нового стандарта HTML5 позволяет использовать для этих целей компонент XMLHttpRequest Level 2. Новая версия этого объекта обладает более удобным интерфейсом, а также рядом существенных функциональных достоинств, главные из них — это передача бинарных данных и возможность выполнения кросс-доменных запросов для связи с внешними серверами. Заметим, что для гибридного приложения, которое изначально загружается из «песочницы», любой сервер является внешним и для обмена данными потребуется кросс-доменный запрос.

До появления HTML5 концепция Same Origin запрещала выполнение кросс-доменных запросов и разработчикам (вместе с хакерами) приходилось искать обходные пути. Вместе с HTML5 появился официальный способ кросс-доменной связи — спецификация CORS. Спецификация предполагает использование браузером (или компонентом webview платформы) специальных заголовков и запросов. Поскольку для гибридных приложений отслеживание этих заголовков и запросов с помощью отладочных средств недоступно, то для тестирования использовалось специально разработанное приложение. Выяснилось, что iOS-приложения абсолютно точно следуют спецификации CORS как для открытого (http), так и для закрытого протоколов (https). Для Android вместо заголовков CORS используются заголовки sec-fetch-site, sec-fetch-mode и sec-fetch-dest (fetch metadata request headers). Вспомогательные запросы не используются. При этом запросы по схеме http к внешним серверам блокируются. Для специальной установки в сетевой конфигурации (usesClearTraffic=true) запросы http выполняются без использования специальных заголовков.

## Библиографический список

1. Васильев Н.П., Заяц А.М. Введение в гибридные технологии разработки мобильных приложений: учебное пособие для ВО. — СПб.: Издательство "Лань", 2020. — 160с.
2. Васильев Н.П. Бесплатный SSL-сертификат для Ad Hoc установки iOS-приложений// Информационные системы и технологии: теория и практика: сб. научн. тр. Вып. 12. — СПб.: СПбГЛТУ, 2020. — с.7-14.
3. Заяц А.М., Васильев Н.П. Проектирование и разработка web- приложений. Введение в frontend и backend разработку на JavaScript и node.js: Учебное пособие. — СПб.: Издательство "Лань", 2019. — 120с.
4. Васильев Н.П. Мобильные Cordova-приложения сбора данных о состоянии лесных территорий с привязкой к геопозиции. // Известия СПбЛТА — СПб.: СПбГЛТУ, 2019. № 230.
5. Васильев Н.П., Лушкин Н.В. Интеграция гибридных приложений Cordova с web-серверной обработкой графики. // Информационные сис-

темы и технологии: теория и практика: сб. научн. тр. Вып. 11. — СПб.: СПбГЛТУ, 2019. — с.10-24

6. Васильев Н.П. Универсальные технологии разработки мобильных приложений. // Информационные системы и технологии: теория и практика: сб. научн. тр. Вып. 10 Ч.1. — СПб.: СПбГЛТУ, 2018. — с.23-30.
7. Васильев Н.П. Гибридные технологии разработки приложений для мобильных платформ. // Информационные системы и технологии: теория и практика: сб. научн. тр. Вып. 9. — СПб.: СПбГЛТУ, 2017. — с.12-21.

**Н.П. Васильев**, кандидат технических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им. С.М.Кирова  
nikpv@mail.ru

**М.Л. Шилкина**, кандидат технических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им. С.М.Кирова  
mchernobay@inbox.ru

## **ПРИМЕР РАЗРАБОТКИ И ИНТЕГРАЦИИ ВНЕШНЕГО ОБУЧАЮЩЕГО РЕСУРСА С СДО-MOODLE УНИВЕРСИТЕТА НА ОСНОВЕ СПЕЦИФИКАЦИИ IMS LTI (LEARNING TOOL INTEROPERABILITY)**

### **Введение**

Система дистанционного обучения (СДО) Moodle предлагает обучающий элемент, который обычно называется «внешний инструмент» (могут быть вариации в названии в зависимости от версии). Описание этого элемента в самой СДО и в документации Moodle чаще всего вызывает недопонимание и множество вопросов. Правильное и осознанное использование этого элемента требует изучения объёмных спецификаций международного образовательного консорциума — IMS Global Learning Consortium (<https://www.imsglobal.org/>), развивающего концепцию, технологии и стандарты обучения на базе системы управления обучением — IMS (Instructional Management System). Стандарты этой некоммерческой организации определяют взаимодействие различных обучающих инструментов — Learning Tool Interoperability (LTI). Кроме Moodle этим стандартам следуют известные платформы обучения Canvas (<https://www.canvas.net/>), Cengage (<https://cengage.com/>), Unicon (<https://www.unicon.net/>) и др. В данной статье покажем на простом примере, как можно использовать в качестве «внешнего инструмента» обучающие ресурсы собственной разработки. Будем использовать наиболее популярные средства web-разработки:

php — для реализации серверной части, а для реализации клиентской части — JavaScript.

### **Общепринятая терминология**

В процессе взаимодействия участвуют две обучающие системы, одна из которых является ведущей, а другая — ведомой. Первая является потребителем обучающих ресурсов, а другая — поставщиком этих ресурсов. Согласно общепринятой англоязычной терминологии первая система называется — Tool Consumer (ТС), а вторая — Tool Provider (ТР). Очевидно, что поставщик (ТР) является внешним по отношению к потребителю обучающим инструментом.

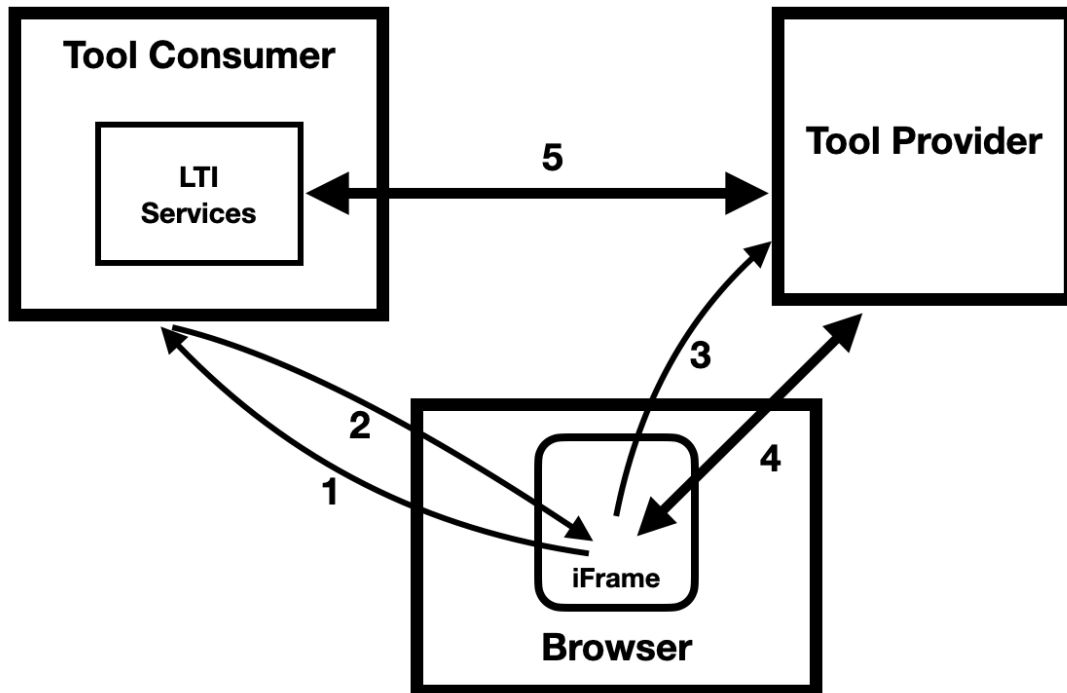
В качестве потребителя (ТС) способен выступать Moodle. Поставщик должен предоставить ссылку для доступа к обучающему ресурсу. Эту ссылку требуется ввести в поле «базовый URL-адрес инструмента» формы настройки «внешнего инструмента». Обучающий ресурс, разработанный собственными силами, также должен быть доступен в глобальной сети. Для его размещения можно воспользоваться распространённым хостингом с поддержкой php и mysql. Заметим, что для доступа к ресурсу должен использоваться защищённый канал (https), иначе доступ к ресурсу будет заблокирован Moodle. Покупать SSL-сертификат не обязательно, можно воспользоваться бесплатным сертификатом [1].

Кроме этого, потребитель и поставщик должны договориться о общем секретном слове. В Moodle это секретное слово вводится в поле с названием «общий секретный ключ». Секретное слово используется неявно для авторизации ТС при доступе к ресурсам ТР, а также при доступе ТР к сервисам ТС. Механизм авторизации определяется открытым протоколом OAuth (<https://oauth.net/>). Протокол использует секретное слово (секретный ключ) для формирования и проверки электронной подписи передаваемых данных.

Для однозначной идентификации потребителя в системе провайдера потребитель также должен предоставить провайдеру ключ. К внешним обучающим ресурсам могут получить доступ несколько потребителей, которые различаются провайдером по ключу — идентификатору потребителя. В Moodle в форме настройки «внешнего инструмента» предусмотрено одноимённое поле с названием «ключ». Остальные поля в данной статье не обсуждаются, их значения можно оставить без изменения.

### **Модель взаимодействия**

Процесс взаимодействия ТС с внешним обучающим инструментом (ТР) представлен на рисунке 1.



**Рис. 1** Модель взаимодействия обучающих инструментов.

Загрузка «внешнего инструмента» после его активации выполняется в Moodle следующим образом:

1. Загружается страница содержащая iFrame, который подгружает скрипт launch.php (в атрибуте src фрейма указан launch.php).
2. Результат работы launch.php — это форма, содержащая скрытые поля с именами и значениями, установленными согласно стандарту IMS Global LTI. Атрибут action формы содержит url, заданный в настройках «внешнего инструмента» в поле «базовый URL-адрес инструмента».
3. Форма автоматически (с помощью вспомогательного кода JavaScript) отправляется к TP. Через поля формы «внешний инструмент» получает данные для авторизации согласно протоколу OAuth, включая подпись (oauth\_signature), метод формирования подписи (oauth\_signature\_method), «ключ» для идентификации ТС (oauth\_consumer\_key):

```

"oauth_version": "1.0",
"oauth_nonce": "4efd667130bfb065e6898074f9b4bb77",
"oauth_timestamp": "1609777286",
"oauth_signature_method": "HMAC-SHA1",
"oauth_signature": "1f0ExkiSQHmvhTUW6atcZQfq64o="
"oauth_consumer_key": "edu.spftu.ru",
"oauth_callback": "about:blank",
  
```



## Данные о пользователе:

```
"user_id": "6456",
"lis_person_sourcedid": "",
"roles": "Instructor",
"lis_person_name_given": "Н.П.",
"lis_person_name_family": "Васильев",
"lis_person_name_full": "Н.П.+Васильев",
"ext_user_username": "login",
"lis_person_contact_email_primary": "mumylo@mail.ru",
```

## Данные о Tool Consumer и версии LTI:

```
"ext_lms": "moodle-2",
"tool_consumer_info_product_family_code": "moodle",
"tool_consumer_info_version": "2018051711.01",
"tool_consumer_instance_guid": "edu.spbftu.ru",
"tool_consumer_instance_name": "СПбГЛТУ",
"tool_consumer_instance_description": "Система+дистанционной+поддержки+образовательного+процесса+СПбГЛТУ",
"launch_presentation_document_target": "iframe",
"launch_presentation_return_url":
"https://edu.spbftu.ru/mod/lti/return.php?course=2930&launch_container=3&instanceid=23&sesskey=cKRsaIwwz",
"launch_presentation_locale": "ru",
"lti_version": "LTI-1p0",
"lti_message_type": "basic-lti-launch-request",
```

## Данные о курсе и «внешнем инструменте» как элементе обучения в Moodle:

```
"context_id": "2930",
"context_label": "Информатика+2020-2021+ЛД+Васильев+Н.П.",
"context_title": "Информатика+2020-2021+ЛД+Васильев+Н.П.",
"resource_link_title": "Возможность+реабилитироваться+для+отстающих",
"resource_link_description": "",
"resource_link_id": "23",
"context_type": "CourseSection",
```

## Данные для обращения к сервисам ToolConsumer

```
"lis_course_section_sourcedid": "",
"lis_result_sourcedid":
"{\"data\":{\"instanceid\": \"23\", \"userid\": \"6456\", \"typeid\": \"2\",
\"launchid\": 1245138707}, \"hash\": \"b63daab6e1eee8dc7cdc3ab8d869dfacee90692d686467c5003a1e7e99931873a\"}",
"lis_outcome_service_url":
"https://edu.spbftu.ru/mod/lti/service.php",
```

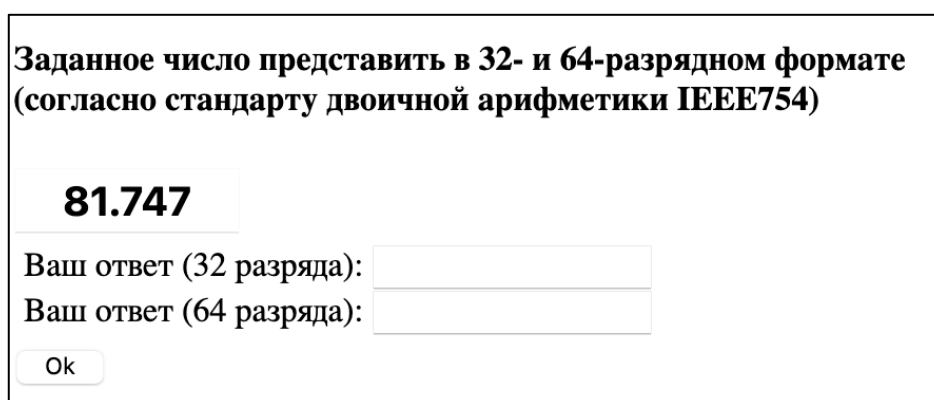
4. В ответ TP загружает запрошенный обучающий ресурс. Работа с ресурсом выполняется в рамках iFrame. Заметим, что в настройках «внешнего инструмента» можно заказать вместо iFrame отдельную вкладку (или окно) браузера.
5. «Внешний инструмент» может обмениваться информацией с сервисами ТС. Например, TP может запрашивать (устанавливать) со-

держимое журнала оценок. Все данные обязательно сопровождаются электронной подписью.

### Постановка задачи

Предположим, что реализован инструмент, проверяющий знания обучаемого в области двоичной арифметики, а именно, представления дробных чисел в формате с плавающей запятой. Числа в памяти компьютера кодируются в двух форматах: с одинарной (single) и двойной (double) точностью. Оба формата регламентируются международным стандартом *ieee754*. Сущность работы инструмента довольно проста. Обучаемому предоставляется случайное число, которое он должен представить в указанных форматах в шестнадцатеричной форме. Ответы сравниваются с правильными значениями. В зависимости от результатов сравнения определяется оценка. Например, за правильный формат single — 0.4, а за правильный формат double — 0.6, за оба правильных ответа соответственно — 1 (100%).

Форма для ввода ответов может, например, иметь вид, представленный на рисунке 2. Реализация интерфейса в HTML и CSS, а также код проверки ответов и формирования оценки будет представлен далее.



**Заданное число представить в 32- и 64-разрядном формате (согласно стандарту двоичной арифметики IEEE754)**

**81.747**

Ваш ответ (32 разряда):

Ваш ответ (64 разряда):

Рис. 2 Форма для ввода ответов обучаемым

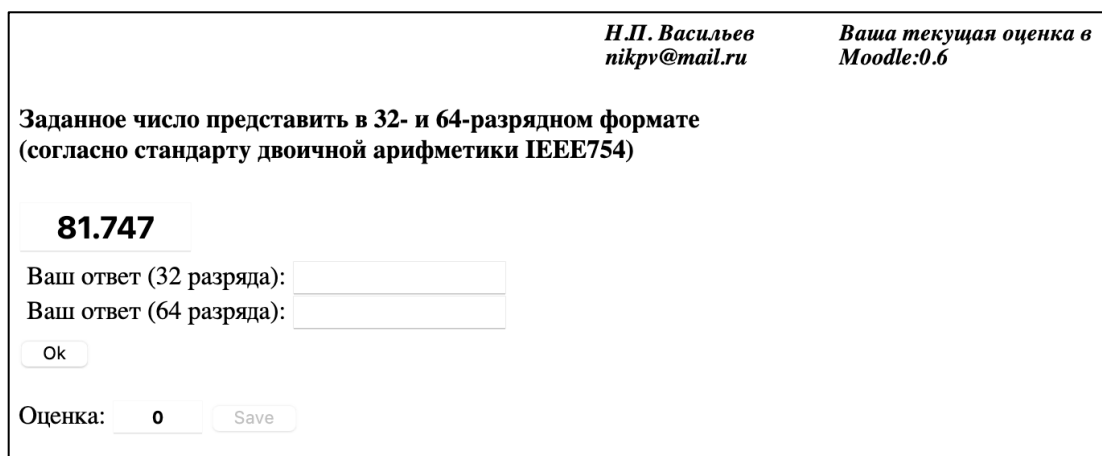
Требуется интегрировать этот ресурс в СДО Moodle как «внешний инструмент». Интеграция предполагает:

1. Авторизацию СДО Moodle при обращении к инструменту. Ресурс должен запускаться только в случае доверенного обращения. Проверка осуществляется согласно протоколу OAuth и стандарту LTI версии 1.0.
2. В случае успешной авторизации необходимо обратиться к LIS-сервису Moodle для получения текущей оценки пользователя из журнала оценок. Обращение должно быть сформировано согласно спецификации IMS Global LTI в виде xml-запроса и подписано (на рисунке 1 такое обращение помечено цифрой 5). Интерфейс, пред-

ставленный на рисунке 2, должен быть дополнен данными о пользователе и текущей оценкой.

3. Возможность сохранения достигнутого результата в журнале оценок СДО Moodle. С этой целью требуется дополнить инструмент соответствующими элементами интерфейса.

Таким образом, интегрированный в СДО, обучающий инструмент должен выглядеть несколько иначе (рис.3):



The screenshot shows a user interface for a Moodle tool. At the top right, it displays the user's name and email: **Н.П. Васильев** and **nikpv@mail.ru**. Next to it, it shows the current score: **Ваша текущая оценка в Moodle: 0.6**. The main instruction is: **Заданное число представить в 32- и 64-разрядном формате (согласно стандарту двоичной арифметики IEEE754)**. Below this, the number **81.747** is displayed. There are two input fields: **Ваш ответ (32 разряда):** and **Ваш ответ (64 разряда):**. Below these fields is an **Ok** button. At the bottom, there is a score field: **Оценка: 0** and a **Save** button.

**Рис. 3** Интегрированный в СДО инструмент показывает текущую оценку и позволяет отправить в Moodle достигнутый результат с помощью кнопки Save

Представленный инструмент предполагает следующую логику работы. Обучаемый должен дать ответы в предусмотренных полях ввода и отправить на проверку, нажав кнопку «Ok». Результат проверки отобразится в поле «Оценка» и станет доступна кнопка «Save». Если результат устраивает обучаемого, то он может записать его в журнал оценок Moodle с помощью кнопки «Save»

## Авторизация

Протокол OAuth предлагает различные варианты авторизации потребителя (роль потребителя — ТС в нашем случае играет СДО Moodle) при обращении к поставщику услуг (роль поставщика — ТР в нашем случае исполняет «внешний инструмент»). В любом из вариантов предполагается формирование цифровой подписи на стороне потребителя и проверка этой подписи на стороне провайдера. Вариант определяется алгоритмом формирования подписи.

В Moodle формирование подписи выполняется с помощью секретного ключа, о котором упоминалось выше и который задаётся в настройках «внешнего инструмента». Сущность проверки проста: провайдер формирует подпись точно также, как это сделал потребитель, с помощью общего секретного ключа. Поскольку подписываемые данные одинаковы, то и результат должен быть одинаков. Напомним, что Moodle передаёт подпись в параметре `oauth_signature`. Секретный ключ никогда не передаётся между

ТС и ТР. Ключ в параметре `oauth_consumer_key` идентифицирует потребителя. Если провайдер работает с несколькими потребителями, то по идентификатору он может определить потребителя и его секретный ключ. Эту информацию обычно провайдер хранит в базе данных. Авторизация считается успешной, если полученная сигнатура совпадает с переданной сигнатурой.

Таким образом, для проверки запроса от доверенного потребителя следует правильно сформировать данные для подписи. Общий подход предполагает сбор данных, их нормализацию, хеширование и подпись. Названия общеизвестных алгоритмов хеширования и подписи передаются в параметре `oauth_signature_method`.

СДО Moodle использует для подписи следующие данные:

1. Метод запроса прописными буквами (всегда — POST).
2. Url строчными буквами. Стандартный порт исключается из url (стандартным считается порт 80 для схемы http и 443 — для схемы https).
3. Параметры запроса. Параметр с сигнатурой (`oauth_signature`) исключается.

Нормализация выполняется следующим образом:

Параметры сортируются по именам в лексикографическом порядке. Если имена одинаковые, то используются их значения.

Имена и значения параметров кодируются согласно RFC3986 и соединяются знаком равенства (=). Полученные конструкции соединяются знаком амперсанд (&). Заметим, что в php реализована библиотечная функция `rawurlencode` для кодирования в RFC3986.

Полученные таким образом три составляющие в очередной раз соединяются знаком амперсанд и образуют строку символов для подписи (Signature Base String). В php подпись согласно алгоритму HMAC-SHA1 может быть сформирована с помощью библиотечной функции `hash_hmac`.

Важно отметить, что секретный ключ перед применением также должен быть закодирован согласно RFC3986. Кроме этого, согласно протоколу OAuth результат должен быть соединён с токеном доступа (access token) через амперсанд. В нашем варианте access token не используется и полагается равным пустой строке, однако, должен участвовать в конкатенации. Полученная таким образом подпись представляется в формате Base64 (в php для этих целей предусмотрена библиотечная функция `base64_encode`).

Процедура авторизации должна быть дополнена контролем параметров `oauth_timestamp` и `oauth_nonce`, который здесь не обсуждается. Представленный алгоритм авторизации можно реализовать собственными силами или воспользоваться готовыми библиотеками. Одна из таких библиотек успешно опробована автором для решения поставленной задачи после исправления выявленной ошибки. Библиотеку можно скачать здесь: <https://github.com/IMSGlobal/LTI-Tool-Provider-Library-PHP>. Документация

к библиотеке находится здесь: <https://github.com/MSGlobal/LTI-Tool-Provider-Library-PHP/wiki>. Для исправления ошибки достаточно заменить код метода `OAuthRequest::from_request()` на код одноимённого метода из файла `moodle/mod/lti/OAuth.php` системы Moodle (загрузить архив Moodle можно, например, здесь: <https://download.moodle.org/stable31/moodle-3.1.10.zip>). Иначе библиотека неправильно формирует строку `Signature Base String`, а именно, для схемы `https` неправильно определяется порт — 80.

Согласно рекомендациям, данным в документации, архив библиотеки следует развернуть в отдельном каталоге и предусмотреть автоматическую загрузку классов. Соответствующий код, реализующий автозагрузку, разместим в файле `autoload.php` (содержимое файла приводится в документации).

Для хранения данных о потребителях, пользователях и отслеживания значений `nonce` и `timestamp` библиотека использует базу данных, которую можно развернуть, например, на сервере `mysql`. Для генерации базы данных в документации приводится код `sql`. Предусмотрим файл `host.php` для подключения к базе:

```
<?php
$dbhost="localhost"; $dblogin="login"; $dbpassword="pass";
$dbname = 'lti_example';

$dbbase = mysql_connect($dbhost, $dblogin, $dbpassword) or
    die("Could not connect : " . mysql_error());

mysql_select_db($dbname, $dbbase) or
    die("Could not select database " . mysql_error());
?>
```

Индексный файл (`index.php`), принимает стартовый запрос от потребителя (то есть от СДО Moodle), выполняет авторизацию и старт «внешнего инструмента»:

```
<?php

require_once "autoload.php";
require_once "host.php";

use MSGlobal\LTI\ToolProvider\DataConnector;
use MSGlobal\LTI\ToolProvider;

// активы библиотеки для работы с базой
$db_connector = DataConnector\DataConnector::getDataConnector(
    '', $dbbase, 'mysql'
);

// создаём класс потребителя
// первый параметр - значение, указанное в поле ключ, в настройках
// «внешнего инструмента» в Moodle
$consumer = new ToolProvider\ToolConsumer('edu.spftu.ru',
    $db_connector);
$consumer->name = 'SPBFTU_MOODLE';
```

```

$consumer->secret = 'SPBFTU'; // общий секретный ключ
$consumer->enabled = TRUE;
$consumer->save();

$fullname = ''; $email = ''; $score = '';

class MyToolProvider extends ToolProvider\ToolProvider {

    // этот метод будет автоматически вызван после успешной авторизации
    // потребителя TC
    function onLaunch() {
        global $fullname, $email, $score;

        // в процессе работы серверных части
        // «внешнего инструмента» желательно
        // иметь идентификатор пользователя (user_id) и первичный ключ
        // строки таблицы с ресурсами переданными в параметрах запроса
        session_start();
        $_SESSION['user_id'] = $this->user->getRecordId();
        $_SESSION['resource_link_pk'] =
            $this->resourceLink->getRecordId();

        $fullname = $this->user->fullname;
        $email = $this->user->email;

        // обратимся к сервису Moodle для чтения текущей оценки из журнала
        $outcome = new ToolProvider\Outcome();
        if( $this->resourceLink->doOutcomesService(
            ToolProvider\ResourceLink::EXT_READ, $outcome, $this->user)
        ) {
            $score = $outcome->getValue();
        }

        // в файле ndx.html содержится шаблон стартовой страницы
        // в котором нижеследующий код заменяет конструкции
        // %имя глобальной переменной%
        // значениями глобальных переменных ($fullname, $email, $score)
        $ndx = file_get_contents("ndx.html");
        $ndx1 = preg_replace_callback(
            '/%(\w+)%/',
            function($matches) {
                $m1=$matches[1]; return isset($GLOBALS[$m1]) ? $GLOBALS[$m1] :
"";
            },
            $ndx
        );
        echo $ndx1;
    }

}

$tool = new MyToolProvider($db_connector);
$tool->handleRequest();

?>

```

Поясним представленный код. Центральным классом библиотеки является ToolProvider. Для проверки (авторизации) запроса потребителя достаточно создать подкласс этого класса и перегрузить метод onLaunch().

Метод будет вызван в случае успешной авторизации, которая выполняется в `handleRequest()`.

Поскольку метод работает с данными, то предварительно требуется обеспечить доступ к базе данных. Все активы для работы с базой реализованы в классе `DataConnector` — экземпляр этого класса инициализируется в первую очередь.

Данные о потребителе инкапсулированы в классе `ToolConsumer`. Здесь задаём ключ, секретный ключ и другие параметры, которые записываем в базу данных (метод `save`). Эти данные требуются для авторизации, поэтому экземпляр класса потребителя следует создать до выполнения проверки в методе `handleRequest()`. Заметим, что метод `handleRequest` дополняет данные о потребителе, которые он получает из параметров запроса.

В случае успешной авторизации выполняется метод `onLaunch()`. Здесь следует сформировать стартовую страницу «внешнего инструмента», которая представлена на рисунке 3. На этой странице, кроме данных об обучаемом, требуется отобразить текущую оценку обучаемого. Данные об обучаемом можно получить из параметров запроса. Для чтения оценки из журнала оценок необходимо обратиться к сервису Moodle. Запрос должен быть сформирован согласно протоколу OAuth и спецификации IMS Global LTI. Все необходимые действия для чтения оценки выполняются с помощью метода `doOutcomesService()`.

### Работа с сервисом Outcome СДО Moodle.

Обращение к LIS-сервисам потребителя (Learning Information Services) показано стрелками с номером 5 на рис 1. Следует обратить внимание, что это общение происходит без участия браузера: сервер TP непосредственно обращается к серверу TC по адресу, который TP получает из параметра `lis_outcome_service_url`. Обмен данными происходит в формате xml-сообщений, которые должны быть переданы в теле запроса (ответа) и сопровождаться заголовком `Authorization`, в котором указывается необходимая для авторизации информация, включая цифровую подпись.

Продемонстрируем процесс формирования запроса к сервису Moodle для чтения оценки из журнала оценок.

Прежде всего, формируем xml-запрос на чтение оценки:

```
<?xml version = "1.0" encoding = "UTF-8"?>
<imsx_POXEnvelopeRequest xmlns =
"http://www.imsglobal.org/services/ltiv1p1/xsd/imsoms_v1p0">
  <imsx_POXHeader>
    <imsx_POXRequestHeaderInfo>
      <imsx_version>V1.0</imsx_version>
      <imsx_messageIdentifier>5ff08dcd677f5</imsx_messageIdentifier>
    </imsx_POXRequestHeaderInfo>
  </imsx_POXHeader>
  <imsx_POXBody>
    <readResultRequest>
      <resultRecord>
```

```

<sourcedGUID>
  <sourcedId>данные из
lis_result_sourcedid</sourcedId>
</sourcedGUID>
</resultRecord>
</readResultRequest>
</imsx_POXBody>
</imsx_POXEnvelopeRequest>

```

В теге sourcedId требуется указать данные, полученные из параметра lis\_result\_sourcedid. Правильно сформированный xml (well formed xml) должен содержать эти данные в виде:

```

{&quot;data&quot;:{&quot;instanceid&quot;:&quot;23&quot;;,&quot;userid&quot;:&quot;6456&quot;;,&quot;typeid&quot;:&quot;2&quot;;,&quot;launchid&quot;:&quot;1249643470}&quot;,&quot;hash&quot;:&quot;48be352132b0e2f90e50271ee744c240a46201433a4dced7e4cc461489964550&quot;}&quot;}

```

Теперь задача сводится к правильному формированию ряда параметров, которые будут переданы сервису Moodle в заголовке Authorization и использованы для авторизации. С этой целью представленный xml хешируется согласно алгоритму SHA1 (в php можно воспользоваться библиотечной функцией sha1) и хеш кодируется в base64. Результат — значение параметра oauth\_body\_hash.

Затем формируются параметры oauth\_nonce, oauth\_timestamp, oauth\_signature\_method и oauth\_consumer\_key. Для этих параметров, метода запроса POST и url формируется подпись согласно представленному выше алгоритму. В результате, получим (разбивка на строки сделана для наглядности):

```

Authorization: OAuth oauth_version="1.0",
oauth_nonce="448cf9224ea78e9b8eb679d29c022adf",
oauth_timestamp="1609600461",
oauth_consumer_key="edu.spftu.ru",
oauth_body_hash="Vt9F1WLYXThHmaNBt8ygMdnOHKU%3D",
oauth_signature_method="HMAC-SHA1",
oauth_signature="mB9xc1ucBKwto%2FE%2Ff4D3iDF63Js%3D"

```

Конечно, стандартный заголовок Content-Type должен соответствовать содержимому тела запроса:

```
Content-Type: application/xml
```

Тело ответа сервиса выглядит следующим образом:

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<imsx_POXEnvelopeResponse
xmlns="http://www.msglobal.org/services/ltiv1p1/xsd/imsoms_v1p0">
<imsx_POXHeader>
  <imsx_POXResponseHeaderInfo>
    <imsx_version>V1.0</imsx_version>
    <imsx_messageIdentifier>200213132</imsx_messageIdentifier>
    <imsx_statusInfo>

```



```

<imsx_codeMajor>success</imsx_codeMajor>
<imsx_severity>status</imsx_severity>
<imsx_description>Result read</imsx_description>

<imsx_messageRefIdentifier>5ff08dcd677f5</imsx_messageRefIdentifier>
  <imsx_operationRefIdentifier>
    readResultRequest
  </imsx_operationRefIdentifier>
</imsx_statusInfo>
</imsx_POXResponseHeaderInfo>
</imsx_POXHeader>
<imsx_POXBody>
  <readResultResponse>
    <result>
      <resultScore>
        <language>en</language>
        <textString>0.9</textString>
      </resultScore>
    </result>
  </readResultResponse>
</imsx_POXBody>
</imsx_POXEnvelopeResponse>

```

В ответе заголовки Authorization и параметры протокола OAuth не используются, поскольку авторизация ответа не имеет смысла.

Запись оценки выполняется аналогичным образом, отличается только используемый для этого XML-код в запросе и ответе.

### Работа «внешнего инструмента» после успешной авторизации.

Интерфейс «внешнего инструмента», представленный на рисунке 3, реализуется с помощью следующего HTML-кода:

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <meta charset="utf-8">
  <title>Представление дробных чисел</title>
  <link rel="stylesheet" type="text/css" href="ndx.css">
  <script type="text/javascript" src="../jquery.js"></script>
  <script type="text/javascript" src="ieee754.js" defer></script>
</head>
<body>
<div class="INFO">
<div style="width: 20%">%fullname%<br>%email%</div>
<div style="width: 30%">
  Ваша текущая оценка в Moodle:<span id="moodleScore">%score%</span>
</div>
</div>
<h4>
Заданное число представить в 32- и 64-разрядном формате <br>
(согласно стандарту двоичной арифметики IEEE754)
</h4>
<input type="text" readonly size="5" style="font-size:1.2em;" id="num">
<div style="margin:5px;">
Ваш ответ (32 разряда): <input type="text" size="16" id="ans"><br/>
Ваш ответ (64 разряда): <input type="text" size="16" id="ans1"><br/>
</div>
<input type="button" value="Ok" id="BTNOK"><br/><br/>

```

```

Оценка: <input type="text" readonly size="4" value="0" id="score">
<input type="button" value="Save" id="BTNSAVE">
<br/><br/>
<div id="ERRMSG"></div>
</body>
</html>

```

Это файл ndx.html, который подгружается в индексном файле index.php. Вместо шаблонов с процентами будут подставлены значения соответствующих глобальных переменных.

Стили заданы в файле ndx.css:

```

.BAD { /*если в поле ввода недопустимое содержимое*/
  border:1px solid red;
}
#num, #score {
  text-align:center;
  font-weight: bold;
}
.INFO {
  font-style:italic;
  font-weight: bold;
  font-size:0.9em;
  display: flex;
  flex-direction: row;
  justify-content: flex-end;
}

```

Функционирование инструмента, инициализация, реакции на нажатия кнопок, взаимодействие с серверной частью реализована с помощью следующего кода на языке JavaScript [2]:

```

var app = {
  // поля ввода для
  number: '', // случайное число, которое предлагается
                // представить в 32 и 64 - разрядном формате
  answer: '', // ответ для 32 - разрядного формата
  answer1: '', // ответ для 64 - разрядного формата
  score: '', // автоматически сгенерированная оценка ответов

  initialize: function() {
    this.number = $('#num');
    this.answer = $('#ans');
    this.answer1 = $('#ans1');
    this.score = $('#score');

    // знак числа
    var sign = ''; if(Math.random() > 0.5) sign = '-';
    // число
    this.number.val( sign +
      Math.ceil(Math.random()*100) + '.' +
      Math.ceil(Math.random()*1000)
    );

    $('#BTNOK').click( this.checkAnswer.bind(this) );

    $('#BTNSAVE').click( this.sendScore.bind(this) );
    $('#BTNSAVE').prop( "disabled", true );
  }
}

```

```

},

checkAnswer: function() {
    var that = this;
    if( !this.checkInputFields() ) return;
    $.ajax({
        method: "get", url: "float.php",
        data: {
            num: this.number.val(),
            ans: this.answer.val(),
            ans1: this.answer1.val()
        },
        dataType: "text",
        success: function(txt) {
            var msg = JSON.parse(txt);
            that.score.val( msg.score );
            $('#BTNSAVE').prop( "disabled", false );
        },
        error: function(req, error) {
            $('#ERRMSG').html("Ошибка связи с сервером!");
        }
    });
},

sendScore: function() {
    $.ajax({
        method: "get", url: "score.php",
        data: { score: this.score.val() },
        dataType: "text",
        success: function(txt) {
            $('#moodleScore').html(txt);
        },
        error: function(req, error) {
            $('#ERRMSG').html("Ошибка связи с сервером!");
        }
    });
},

checkInputFields: function() {
    var isNumber = /^ *[a-zA-F\d]+ *$/;
    if( !isNumber.test(this.answer.val() ) ) {
        this.answer.addClass('BAD'); this.answer.focus();
        $('#BTNSAVE').prop( "disabled", true );
        return false;
    }
    else {
        this.answer.removeClass('BAD');
    }

    if( !isNumber.test(this.answer1.val() ) ) {
        this.answer1.addClass('BAD'); this.answer1.focus();
        $('#BTNSAVE').prop( "disabled", true );
        return false;
    }
    else {
        this.answer1.removeClass('BAD');
    }

    return true;
}
}

```

```
}  
  
app.initialize();
```

В представленном коде реализуются реакции на нажатия кнопок. Инициализирующая часть приложения (`initialize`) устанавливает ссылки на поля ввода и реакции на нажатия кнопок. Кнопка «Ok» (рис. 3) предназначена для отправки ответов на сервер, где скрипт `float.php` выполнит проверку и формирование оценки, которая будет возвращена клиентской части (`checkAnswer`). Отправка ответов (содержимого полей `answer` и `answer1`) выполняется с помощью AJAX-запроса только после проверки корректности ввода с помощью метода `checkInputFields()` (допускаются только шестнадцатеричные цифры). Полученный ответ (в JSON-формате) переносится в поле `score`. Проверка и оценка выполняются следующим образом:

```
<?php  
$num = trim($_REQUEST['num']);  
$ans = $_REQUEST['ans']; $ans1 = $_REQUEST['ans1'];  
$ans = strtoupper($ans); $ans1 = strtoupper($ans1);  
  
$xf = pack("f", $num); $xd = pack("d", $num);  
  
$xf = strrev( bin2hex($xf) );  
$xf = preg_replace("/(\w)(\w)/", "$2$1", $xf);  
$xd = strrev( bin2hex($xd) );  
$xd = preg_replace("/(\w)(\w)/", "$2$1", $xd);  
  
$xf = strtoupper($xf); $xd = strtoupper($xd);  
  
$score = 0.0;  
if($xf == $ans) $score += 0.4;  
if($xd == $ans1) $score += 0.6;  
  
$answ = array("score"=>"$score");  
echo json_encode($answ);  
?>
```

Кнопка «Save» будет доступна только после проверки ответов и предназначена для отправки в Moodle полученной оценки (`sendScore`). С этой целью выполняется AJAX-запрос к скрипту `score.php`. Последний на стороне сервера свяжется с LIS-сервисом Moodle, а результат общения сообщит клиентской части, которая подправит соответствующую часть интерфейса (`moodleScore`):

```
<?php  
require_once "autoload.php";  
require_once "host.php";  
  
use IMSGlobal\LTI\ToolProvider\DataConnector;  
use IMSGlobal\LTI\ToolProvider;  
  
session_start();  
$user_id = $_SESSION['user_id'];  
$resource_link_pk = $_SESSION['resource_link_pk'];
```

```

$score = $_REQUEST['score'];

// связь с базой
$db_connector = DataConnector\DataConnector::getDataConnector(
    '', $dbbase, 'mysql');

// данные о пользователе из базы
$user = ToolProvider\User::fromRecordId($user_id, $db_connector);

// обучающий ресурс
$resource_link =
ToolProvider\ResourceLink::fromRecordId($resource_link_pk,
$db_connector);

// обращаемся к сервису Moodle
$outcome = new ToolProvider\Outcome($score);
$ok = $resource_link->doOutcomesService(
    ToolProvider\ResourceLink::EXT_WRITE, $outcome, $user);
// сообщаем клиентской части об успешной связи с сервисом
if($ok) echo $score; else echo "error";
?>

```

### **Заключение.**

В статье рассматриваются технологии интеграции обучающих систем, которые следуют спецификациям международной организации IMS Global Learning Consortium (<https://www.imsglobal.org/>). В частности, согласно стандартам и рекомендациям этой организации построено взаимодействие СДО Moodle с внешними обучающими инструментами. В качестве внешних инструментов могут выступать практически любые известные СДО, которые следуют международным стандартам консорциума, а также программные средства собственной разработки. В данной статье рассматривается пример разработки внешнего обучающего инструмента с использованием популярных средств разработки php и JavaScript. Особое внимание уделяется вопросам авторизации при подключении к ресурсу и работе ресурса с сервисами Moodle, обеспечивающими обратную связь. Приводятся результаты апробации одной из популярных библиотек для работы с LTI (Learning Tool Interoperability).

### **Библиографический список**

1. Васильев Н.П. Бесплатный SSL-сертификат для Ad Hoc установки ios-приложений// Информационные системы и технологии: теория и практика: сб. научн. тр. Вып. 12. — СПб.:СПбГЛТУ, 2020. — с.7-14.
2. Заяц А.М., Васильев Н.П. Проектирование и разработка web- приложений. Введение в frontend и backend разработку на JavaScript и node.js: Учебное пособие. — СПб.: Издательство "Лань", 2019. — 120с.

**К. С. Веретенникова**, магистр 1 курса  
СПб ГЛТУ им. С.М.Кирова  
v.ksusha2@gmail.com

**С. П. Хабаров**, кандидат технических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПб ГЛТУ им. С.М.Кирова  
serg.habarov@mail.ru

## **ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ WI-FI DIRECT СЕТЕЙ В СРЕДЕ OMNET++**

### **Введение.**

Современные технологии все больше требуют мобильных решений. Это актуально как для промышленных, так и урбанистических проектов, так как Wi-Fi сети имеют широкое распространение в различных средах. Рассмотрены различные реализации Wi-Fi-сетей [1,2,4], однако, существуют и более частные случаи, требующие отдельного моделирования и дополнительного программного обеспечения. Так, широкое применение получила технология Wi-Fi Direct.

Подобная технология является актуальной для городских решений или решений с постоянно перемещающимися устройствами и отсутствием конкретной инфраструктуры. Наиболее широкое распространение данная технология получила на уровне домашних устройств, когда пользователи получают возможность одновременного потокового вещания или же нахождения соседних пользователей [6]. Однако данная технология может найти применение и в лесном комплексе, как для научных исследований, так и с целью практического применения. В качестве возможных вариантов применения можно рассмотреть отслеживание миграций птиц, красно-книжных животных и т.д.

Подобные системы требуют предварительного имитационного моделирования, позволяющего исследовать возможные процессы работы системы. В рамках данной статьи рассматривается возможность имитационного моделирования в среде OMNeT++, которая широко используется в академических кругах и позволяет строить и исследовать модели систем с беспроводными каналами связи между ее узлами.

Однако базовые компоненты OMNeT++ и INET Framework, не дают возможности выполнять непосредственное моделирование сетей класса Wi-Fi Direct [5]. При этом существует подход, когда для моделирования сетей типа Wi-Fi Direct, наряду с компонентами OMNeT++ и INET Framework, используются еще и дополнительные программные модули, а исследуемая модель сети имеет три беспроводных узла, которым позволено создавать группу автоматически [3].

### Постановка задачи.

В данной статье рассмотрен тестовый сценарий реализации Wi-Fi Direct, выполненный с помощью предложенной реализации [3]. Так же проведен анализ рассматриваемого сценария с помощью временных диаграмм и скалярных данных. Тестовый сценарий включает в себя три хоста Wi-Fi Direct, расположенных на территории до 500 метров в ширину и длину, при заданных фиксированных позициях для расположенных узлов host[0], host[1] и host[2] – расстояние между узлами достигает до 100 метров. При этом узлы формируют группу автоматически.

### Описание эксперимента.

Реализуемая модель в первую очередь представляется в формате NED-файлов, которые структурно представляют описываемую модель. Существующие форматы редактирования файла – текстовый и визуальный – позволяют выполнить более наглядную (в визуальном формате) настройку, или наоборот более тонкую, с помощью редактирования исходного кода. Однако для описания параметров сети используются файлы инициализации (\*.ini). В данных файлах подробно описываются параметры элементов модели на различных уровнях.

В связи с особенностью ini-файлов конфигурация тестовых сценариев реализована в одном файле и дает возможность при запуске модели выбрать моделируемую сеть, в случае, если происходит моделирование нескольких разных сетей на основе одного ned-файла.

```
[General]
network = Lan80211
tkenv-plugin-path = ../../etc/plugins

**.constraintAreaMinX = 0m
**.constraintAreaMinY = 0m
**.constraintAreaMinZ = 0m
**.constraintAreaMaxX = 500m
**.constraintAreaMaxY = 500m
**.constraintAreaMaxZ = 0m

**.host[*].mobility.initFromDisplayString = false
**.host[*].mobilityType = "StationaryMobility"
**.host[2].mobility.initialX = 100m
**.host[2].mobility.initialY = 100m
**.host[2].mobility.initialZ = 0m
**.host[1].mobility.initialX = 200m
**.host[1].mobility.initialY = 100m
**.host[1].mobility.initialZ = 0m
**.host[0].mobility.initialX = 100m
**.host[0].mobility.initialY = 200m
**.host[0].mobility.initialZ = 0m

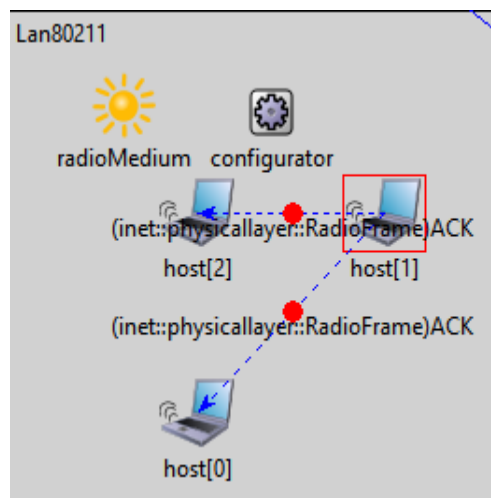
# --- настройки сетевого интерфейса
**.wlan*.bitrate = 2Mbps
```

```

**.mac.address = "auto"
**.mac.maxQueueSize = 14
**.mac.rtsThresholdBytes = 3000B
**.wlan[*].mac.retryLimit = 7
**.wlan[*].mac.cwMinData = 7
**.wlan[*].radio.transmitter.power = 2mW
**.wlan[*].radio.transmitter.headerBitLength = 100b
**.wlan[*].radio.receiver.sensitivity = -85dBm
**.wlan[*].radio.receiver.snirThreshold = 4dB

[Config Standard]
description = "Standard formation"
*.numHosts = 3
**.host[*].wlan[*].mgmt.numAuthSteps=4
# --- узел host[1] каждую секунду пингует узел host[0]
**.numPingApps = 1
*.host[1].pingApp[0].destAddr = "host[0]"
*.host[1].pingApp[0].sendInterval = 1s
# --- узел host[2] каждую секунду пингует узел host[1]
*.host[2].pingApp[0].destAddr = "host[1]"
*.host[2].pingApp[0].sendInterval = 1s
*.host[0].pingApp[0].destAddr = ""

```



**Рис.1** Модель беспроводной сети с передачей данных между узлами

Стоит отметить, что, несмотря на некоторую специфику, сети с использованием Wi-Fi-Direct не подразумевают каких-либо серьезных отличий от создания схожей имитационной модели беспроводной сети, однако требуют специфичных модулей, т.к. в противном случае приходится реализовывать модули самостоятельно, именно по этой причине здесь и используется технология [3].

Рассмотрим реализуемую модель ближе. На этапе обнаружения каждый узел проводит сканирование в поиске GO. После того, как искомым узел не находится, происходит переключение на поиск другого узла Wi-Fi Direct. На рис.2 частично представлена фаза обнаружения, когда host [0] и



host[1] обнаруживают друг друга. Host [1] находится в состоянии прослушивания канала в это время и отвечает сообщением Probe Response в событии #103. Host [0] отправляет кадр подтверждения (ACK) в событии #133 и переходит к фазе согласования GO.

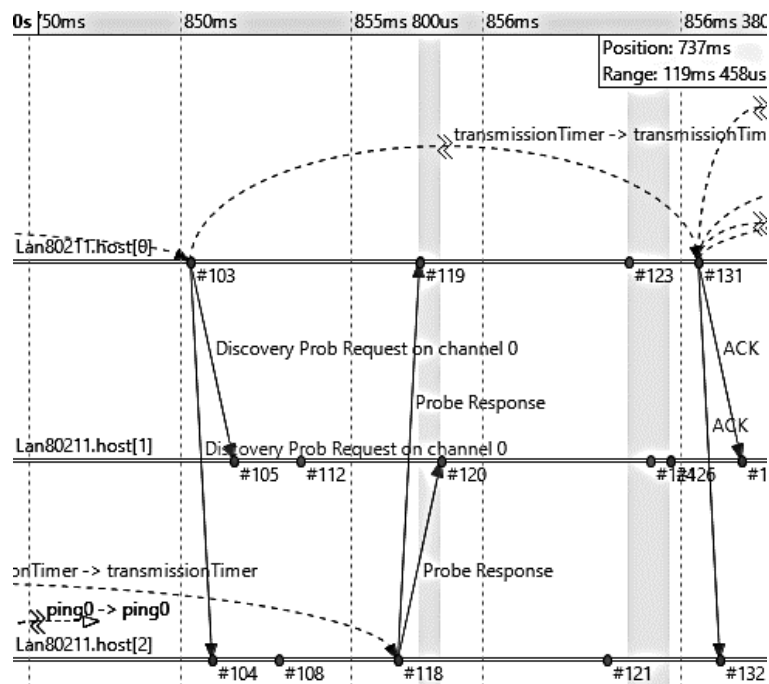


Рис.2 Временная диаграмма работы сети

#57	0.357383685953	host[2] --> host[0]	Request on channel 0	WLAN probe request
#57	0.357383685953	host[2] --> host[1]	Request on channel 0	WLAN probe request
#103	0.855679723225	host[0] --> host[1]	Discovery Prob Request on channel 0	WLAN probe request
#103	0.855679723225	host[0] --> host[2]	Discovery Prob Request on channel 0	WLAN probe request
#118	0.855872056789	host[2] --> host[0]	Probe Response	WLAN probe response
#118	0.855872056789	host[2] --> host[1]	Probe Response	WLAN probe response
#131	0.856386390353	host[0] --> host[1]	ACK	WLAN ack 0A-AA-00-00-00-06
#131	0.856386390353	host[0] --> host[2]	ACK	WLAN ack 0A-AA-00-00-00-06
#146	0.856780390353	host[0] --> host[1]	GO Negotiation Request Frame	WLAN action
#146	0.856780390353	host[0] --> host[2]	GO Negotiation Request Frame	WLAN action
#159	0.857094723917	host[2] --> host[0]	ACK	WLAN ack 0A-AA-00-00-00-04
#159	0.857094723917	host[2] --> host[1]	ACK	WLAN ack 0A-AA-00-00-00-04
#174	0.857528723917	host[2] --> host[0]	GO negotiation response frame	WLAN action
#174	0.857528723917	host[2] --> host[1]	GO negotiation response frame	WLAN action
#187	0.857843057481	host[0] --> host[1]	ACK	WLAN ack 0A-AA-00-00-00-06
#187	0.857843057481	host[0] --> host[2]	ACK	WLAN ack 0A-AA-00-00-00-06
#202	0.858337057481	host[0] --> host[1]	GO Negotiation Confirmation Frame	WLAN action
#202	0.858337057481	host[0] --> host[2]	GO Negotiation Confirmation Frame	WLAN action
#214	0.858651391045	host[2] --> host[0]	ACK	WLAN ack 0A-AA-00-00-00-04

Рис.3 Процесс обмена сообщениями между узлами беспроводной сети

Дальнейшую работу сети можно рассмотреть на рис.3 – происходит согласование GO с трехсторонним рукопожатием между host[0] и host[1]. В конце host[1] становится GO. Host[0] завершает формирование группы, завершая этапы подготовки 1 и 2 с host[1]. Настройки данного обмена регулируются в файле конфигурации моделирования ini. После приема сообщений-beacon, отправленных узлом host[1], узел host[2] начинает процедуру присоединения к группе.

Стоит отметить, что, несмотря на тот факт, что данная модель стационарна, данный опыт показал потенциал использования подобного моделирования. Использованное исследование, для реализации предложен-

ной модели так же выполняет свою роль, освобождая тех, кто занимается моделированием сетей от излишнего программирования, когда необходимо включить новый, не существующий в стандартных пакетах и фреймворках, модуль.

### **Выводы.**

Wi-Fi Direct – беспроводная технология, которая позволяет набору устройств динамически согласовывать и выбирать владельца группы, который играет роль точки доступа. Имитационное моделирование Wi-Fi Direct лишь часть общего подхода к моделированию Wi-Fi сетей, но существующие модули управления IEEE 802.11 в INET Framework не предоставляли возможности корректного моделирования данной технологии. Однако проведенное исследование тестового сценария показывает, что сторонняя надстройка, интегрируемая не в качестве отдельного фреймворка, может успешно справляться с поставленной перед ней задачей.

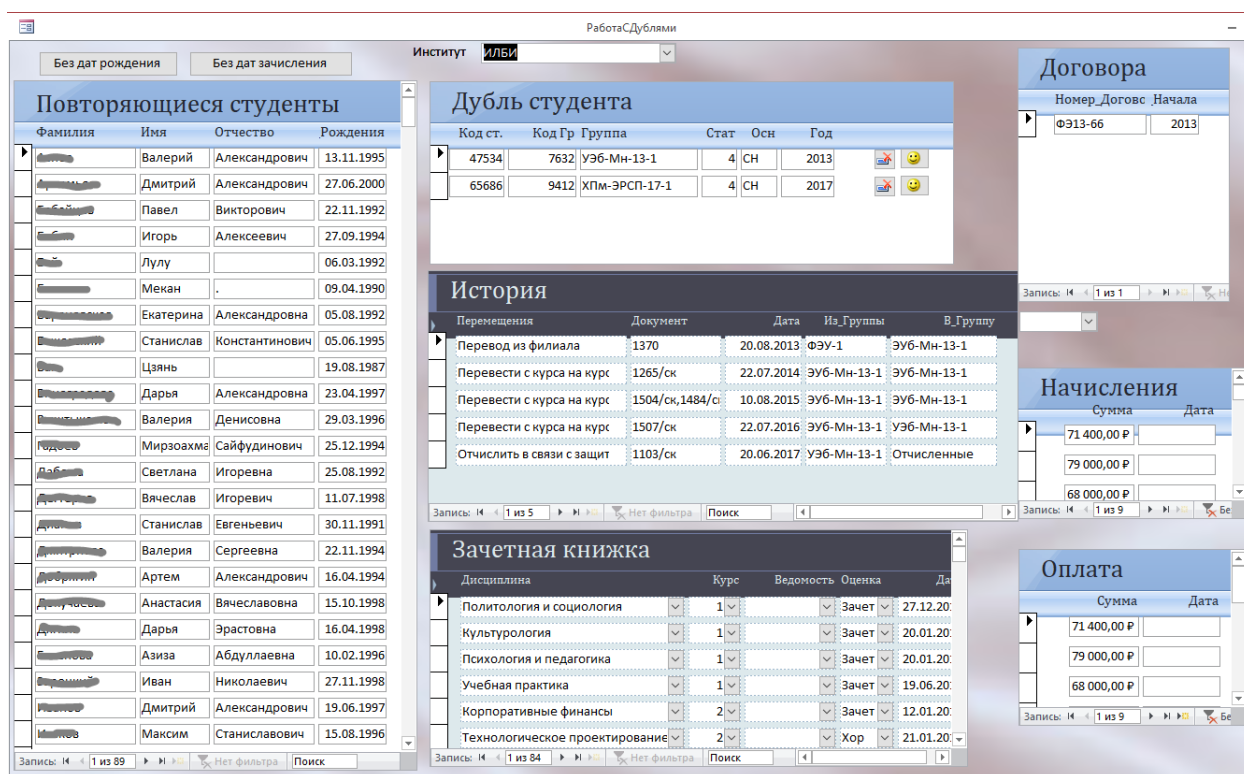
### **Библиографический список**

1. Думов М.И., Хабаров С.П. Моделирование беспроводных сетей в среде OMNET++ с использованием INET framework // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 6. С. 1151–1161. doi: 10.17586/2226-1494-2019-19-6-1151-1161
2. Хабаров С.П., Думов М.И. Анализ работы протокола CSMA/CA в среде OMNET++ с использованием INET framework // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т. 20. № 5. С. 692–700. doi: 10.17586/2226-1494-2020-20-5-692-700
3. Syphax Iskounen, Thi-Mai-Trang Nguyen and Sébastien Monnet. WiFi-Direct Simulation for INET in OMNeT++. [Электронный ресурс]. <https://www.researchgate.net/publication/308156275>. (дата обращения: 02.01.2021).
4. Хабаров С.П. Основы моделирования беспроводных сетей. Среда OMNeT++: Учебное пособие. СПб: Издательство «Лань», 2019. 260 с.
5. OMNeT++, «INET Framework Manual – Chapter 9: The 802.11 Model», January 2016. [Электронный ресурс]. <https://doc.omnetpp.org/inet/api-old/inet-manual-draft.pdf>. (дата обращения: 02.01.2021).
6. A. Pyattaev, K. Johnsson, A. Surak, R. Florea, S. Andreev and Y. Koucheryavy, “Network-assisted D2D Communications: Implementing a Technology Prototype for Cellular Traffic Offloading”, IEEE Conference on Wireless Communications and Networking (WCNC), Istanbul, Turkey, April 2014

**В.А. Горбачев**, кандидат экономических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им. С.М.Кирова  
ist@spbftu.ru

## АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ КОНТИНГЕНТА СТУДЕНТОВ СПБГЛТУ

На определенном этапе эксплуатации системы учета движения контингента студентов университета (система «Деканат»), после того как были накоплены данные о приеме, отчислении, переводе и восстановлении студентов, а также истории оплат контрактников, возникла необходимость выяснения подробностей движения студентов, с которыми происходили эти действия. Основным потребителем этой информации являются деканаты. Было разработано приложение под управлением Access отражающее эту информацию. Главная экранная форма приложения представлена на рисунке 1.



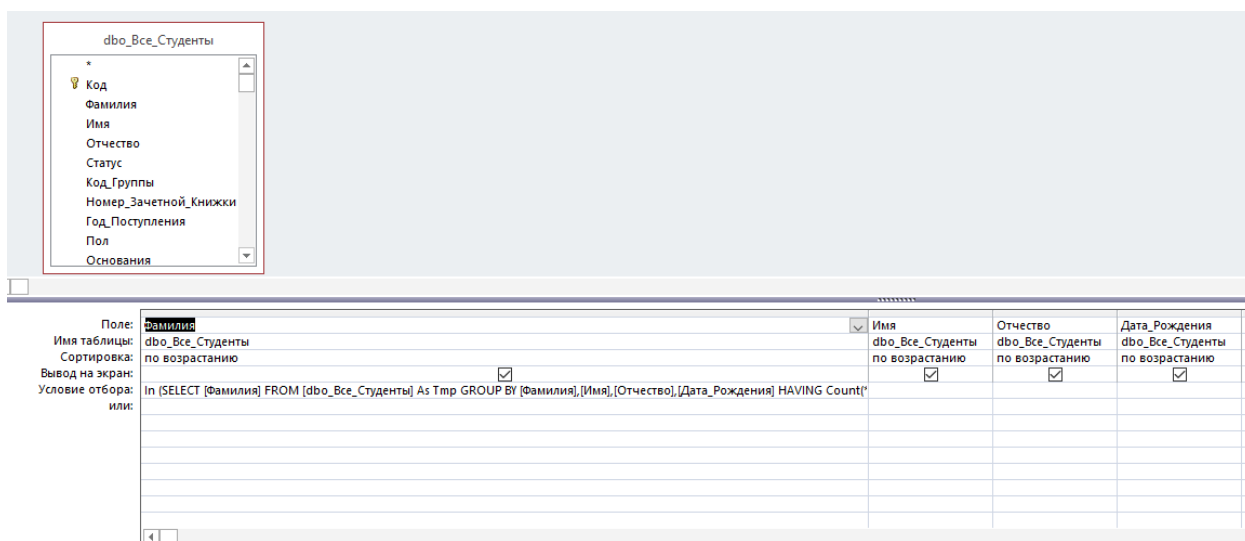
**Рис. 1** Главная экранная форма для анализа данных о студентах

Для представления полной информации о студентах были использованы следующие таблицы базы данных:

- Все\_Ведомости,
- Все\_Группы,
- Все\_Договора,

Все\_Студенты,  
 Перемещения,  
 Оценки,  
 Студенты\_Оплата,  
 Факультеты.

В них хранятся все данные о движении студентов связанные не просто с переводом с курса на курс, а с действиями, приводящими к их повторному появлению в базе. Проще говоря, надо выявить всех студентов имеющих дубли. Поскольку все сведения о студентах хранятся в таблице «Все\_Студенты», выявить дублирующие фамилию, имя, отчество и дату рождения можно с помощью запроса (рис. 2).



**Рис. 2** Запрос на поиск дублирующих записей о студентах

Выбранная с его помощью информация отражается в разделе формы озаглавленном «Повторяющиеся студенты». Выбирая студента из списка формы, мы получаем всю информацию об истории перемещения, обучения и финансовых расчетов (для контрактников).

Рассмотрим пример первого студента представленного на рис.3. Как видно из части формы «Дубль студента», это студент, который поступил на экономический факультет контрактной формы обучения (основание «СН») в 2013 году. Статус 4 говорит о том, что в настоящий момент студент не учится в университете на этом факультете. В разделе «История» видна вся история перевода с курса на курс и отчисление в связи с окончанием обучения на экономическом факультете. В разделе «Зачетная книжка» показаны все результаты его обучения. Далее он поступил в магистратуру химико-технологического факультета так же на контрактной основе и на данный момент закончил ее (статус 4). Щелчком мыши на этой строке мы можем получить все сведения об успеваемости в магистратуре (Рис. 3).

### Дубль студента

Код ст.	Код Гр	Группа	Стат	Осн	Год		
47534	7632	УЭБ-Мн-13-1	4	СН	2013		
65686	9412	ХПм-ЭРСР-17-1	4	СН	2017		

### История

Перемещения	Документ	Дата	Из_Группы	В_Группу
Перевод из филиала	1370	20.08.2013	ФЭУ-1	ЭУБ-Мн-13-1
Перевести с курса на курс	1265/ск	22.07.2014	ЭУБ-Мн-13-1	ЭУБ-Мн-13-1
Перевести с курса на курс	1504/ск,1484/ск	10.08.2015	ЭУБ-Мн-13-1	ЭУБ-Мн-13-1
Перевести с курса на курс	1507/ск	22.07.2016	ЭУБ-Мн-13-1	УЭБ-Мн-13-1
Отчислить в связи с защит	1103/ск	20.06.2017	УЭБ-Мн-13-1	Отчисленные

Запись: 1 из 5

### Зачетная книжка

Дисциплина	Курс	Ведомость	Оценка	Дата
Политология и социология	1		Зачет	27.12.20...
Культурология	1		Зачет	20.01.20...
Психология и педагогика	1		Зачет	20.01.20...
Учебная практика	1		Зачет	19.06.20...
Корпоративные финансы	2		Зачет	12.01.20...
Технологическое проектирование	2		Хор	21.01.20...

Запись: 1 из 84

**Рис. 3** Данные об истории движения студента и его успеваемости

Этот раздел экранной формы позволяет отследить всю информацию по студентам, которые перемещаются в процессе обучения, образом отличным от стандартного и позволяет получить информацию для анализа процесса обучения.

Поскольку студент учился на контрактной основе, в форме показаны так же его договорные отношения с университетом, которые показаны на рисунке 4.

**Договора**

Номер_Договс	Начала
ФЭ13-66	2013

Запись: 1 из 1

---

**Начисления**

Сумма	Дата
71 400,00 Р	
79 000,00 Р	
68 000,00 Р	

Запись: 1 из 9

---

**Оплата**

Сумма	Дата
71 400,00 Р	
79 000,00 Р	
68 000,00 Р	

Запись: 1 из 9

**Рис. 4** Сведения о финансовых расчетах студента контрактной формы обучения

Здесь указаны номер договора, по которому он учился на экономическом факультете, ежегодные начисления об оплате и фактически произведенная оплата.

Таким образом, разработанное приложение позволяет отследить такие параметры как движение студента за все время обучения, его успеваемость и расчеты за обучение, если студент контрактник. Приложение было установлено в деканатах институтов и использовалось для получения полной картины о студенте.

Описанный анализ движения студентов отражает данные о студентах, которые перемещались внутри университета по не стандартной схеме. Например, был отчислен с одного института и восстановился на другой; перешел с бюджетной формы на контрактную и наоборот и так далее. Для студентов обучающихся по схеме поступил – окончил подробную информацию можно получить в приложении «Деканат».

Рассматриваемая попытка анализа движения студентов, в свою очередь, приводит к необходимости решения новых задач (задачи анализа успеваемости в разрезах студенческих групп, дисциплин и кафедр) и разработки соответствующих приложений с использованием инструментария SQL Analysis Service и методов Data Mining в среде Excel.

**В.А. Горбачев**, кандидат экономических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им. С.М.Кирова  
ist@spbftu.ru

## **АНАЛИЗ УСПЕВАЕМОСТИ УНИВЕРСИТЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ *SQL SERVER ANALYSIS SERVICES***

Автоматизация управления учебным процессом в Санкт Петербургском государственном лесотехническом университете базируется на комплексе программных средств (КПС) разработанных лабораторией математического моделирования и информационных систем (ММИС). Информационной основой для КПС является реляционная база данных (БД) под управлением СУБД MS SQL Server. Автоматизированная система управления учебным процессом (АСУУП) внедряется в университете с 2005 года.

Наличие большого пласта неисследованных данных и доступных инструментов оперативной аналитической обработки (OLAP) и интеллектуального анализа данных (DATA MINING) технологий представляет интерес для исследования успеваемости обучения по различным направлениям. Для решения OLAP задач одним из инструментов являются службы *Microsoft SQL Server Analysis Services* (SSAS). Хороший практикум по использованию его представлен в национальном открытом университете «ИНТУИТ» (<https://intuit.ru/>).

Попытаемся разработать механизм использования SSAS для исследования следующих вопросов:

1. Анализ успеваемости по кафедрам
2. Анализ успеваемости по дисциплинам внутри кафедры
3. Характеристики успеваемости по группам.

Но прежде дадим определения, которые будем использовать в дальнейшем.

*Мера* – это набор фактов числового характера, которые используются всеми измерениями.

*Измерение* - описывает элемент данных, по которому производится анализ.

*Атрибут* - это полная коллекция элементов одного типа.

*Иерархии* - формируются с использованием упорядоченного набора атрибутов, такого, что каждый *атрибут* соответствует одному из уровней в иерархии.

*Кубы* - создаются на основе измерений и групп мер. Меры из таблицы фактов группируются в группу мер. Куб может иметь несколько групп мер.

Измерения в коллекции измерений куба принадлежат к коллекции измерений *базы данных*.



Для данного исследования устанавливаются следующие значения этих элементов.

Мера:

Успеваемость – отлично, хорошо (зачет), удовлетворительно, неудовлетворительно (оценка 2), не зачет, неявка. Наличие какого-либо из этих показателей фиксируется 1, остальные имеют значение 0.

В соответствии с определенными выше задачами куб включает следующие измерения:

Календарь аттестаций

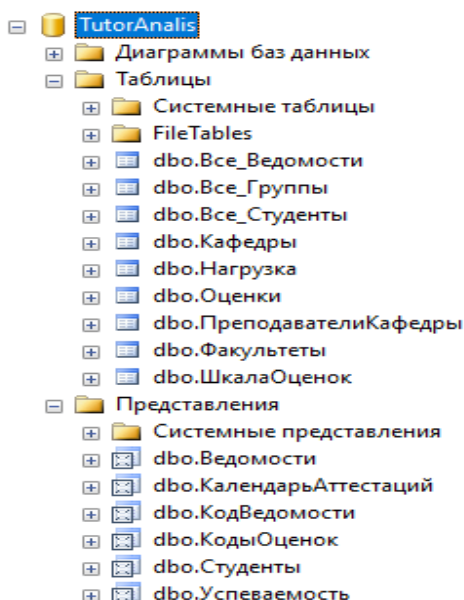
Ведомости

Студенты

Эти измерения содержат данные для исследования предложенных выше вопросов.

Исходными данными для исследования являются таблицы реляционной БД «Деканат», на которой базируется работа всех приложений лаборатории ММИС.

За время эксплуатации происходили эволюционные изменения как в КПС, так и в структуре базы данных. В совокупности это привело к тому, что был нарушен процесс поддержания целостности модели данных. То есть появилось множество несоответствий в таблицах реляционной БД. Поэтому прежде, чем использовать накопленный массив данных базы необходимо произвести его «очистку». Использовать базу, в которой содержатся десятки таблиц, напрямую нецелесообразно. Поэтому создадим новую базу с именем «TutorAnalis», в которую скопируем только необходимые для исследования таблицы. Ее структуру можно видеть на рис.1.



**Рис. 1** Структура базы данных для исследования успеваемости.

Поскольку, в силу указанных выше обстоятельств, напрямую использовать таблицы невозможно, очистим данные, создав представления. Главными из них являются:



- Ведомости
- Календарь Аттестаций
- Студенты
- Успеваемость

Для создания модели куба требуется таблица содержащая временные характеристики измерений. Структуру такой таблицы описывает представление «Календарь Аттестаций» со следующим описанием:

```
SELECT DISTINCT
    FORMAT(Дата_Сдачи, 'dd/MM/yyyy') AS ДатаСдачи, CASE WHEN MONTH(Дата_Сдачи) >= 9 OR
    MONTH(Дата_Сдачи) < 2 THEN 1 ELSE 2 END AS Семестр, CASE WHEN MONTH(Дата_Сдачи) >= 9 OR
    MONTH(Дата_Сдачи) <= 12 THEN CONVERT(varchar(4), YEAR(Дата_Сдачи)) + '-' + CONVERT(varchar(4), (YEAR(Дата_Сдачи) + 1)) ELSE CONVERT(varchar(4), (YEAR(Дата_Сдачи) - 1)) + '-' + CONVERT(varchar(4),
    YEAR(Дата_Сдачи)) END AS Уч_год
FROM
    dbo.Оценки
WHERE
    (NOT (Дата_Сдачи IS NULL))
```

Это SQL выражение создает таблицу со следующим содержанием (рисунок 2).

ДатаСдачи	Семестр	Уч_год
01.03.2018	2	2018 - 2019
01.03.2019	2	2019 - 2020
01.06.2016	2	2016 - 2017
01.06.2017	2	2017 - 2018
01.06.2019	2	2019 - 2020
01.06.2020	2	2020 - 2021
01.07.2014	2	2014 - 2015
01.10.2013	1	2013 - 2014
01.11.2019	1	2019 - 2020
01.02.2017	2	2017 - 2018
01.02.2018	2	2018 - 2019
01.02.2020	2	2020 - 2021
01.11.2020	1	2020 - 2021
01.12.2015	1	2015 - 2016
02.02.2016	2	2016 - 2017
01.03.2016	2	2016 - 2017
01.04.2018	2	2018 - 2019
01.07.2016	2	2016 - 2017

Рис. 2 Фрагмент таблицы «Календарь Аттестаций»

Представление (запрос) «Успеваемость» содержит меру оценки успеваемости и имеет вид, представленный на рисунке 3.

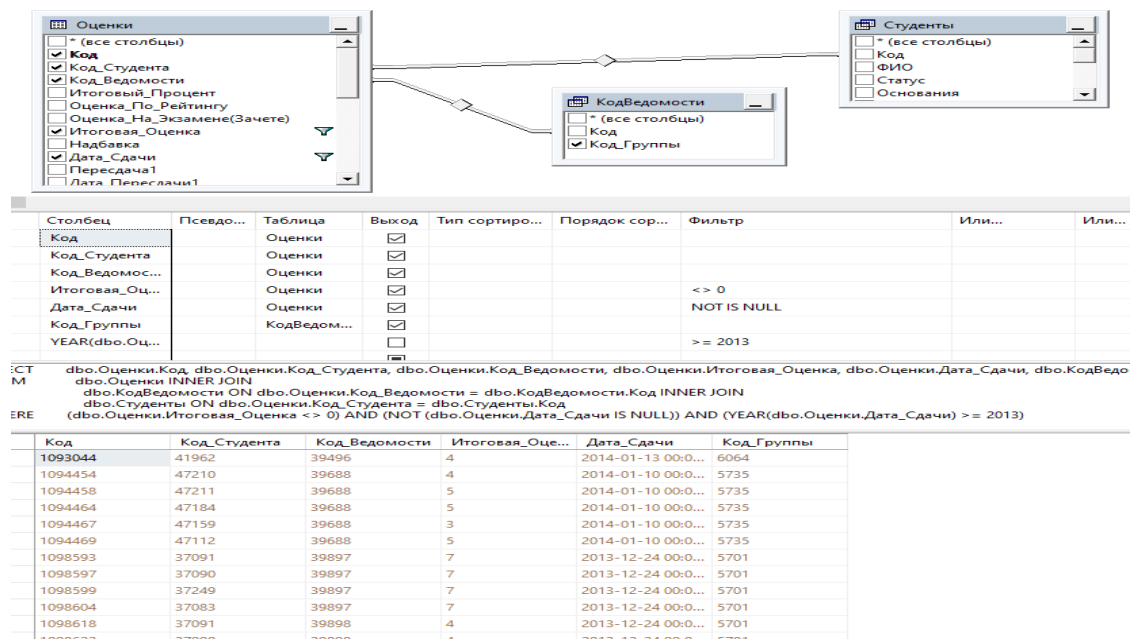


Рис. 3 Схема запроса для формирования меры «Успеваемость»

Структура представления базируется на таблице «Оценки», которая включает поля связанные с оценкой успеваемости каждого студента по определенному предмету. Привязка строки таблицы к конкретному студенту осуществляется по значению поля «Код\_Студента», а к аттестуемому предмету по значению «Код\_Ведомости». Подключение связей с представлениями «Студенты» и «КодВедомости» является элементом очистки данных для исследования. Как уже говорилось, база данных создавалась без поддержки целостности данных, поэтому коды студентов и ведомостей в исходных таблицах в ряде случаев не совпадают. Это приводит к ошибкам при выполнении анализа в системе SSAS. Этим же целям служит установление показанных на рисунке фильтров.

Числовым значением меры является значение поля «Итоговая\_Оценка». Однако числовые данные этого поля не отражают показатели успеваемости в привычной форме, поэтому при пользовании инструментарием SSAS мы преобразуем его, что будет отражено ниже.

Измерение для оценки показателей успеваемости дисциплин и кафедр базируется на исходных таблицах «Все\_Ведомости», «Кафедры», «Факультеты». Однако, в целях очистки данных было создано представление «Ведомости» со структурой представленной на рисунке 4.

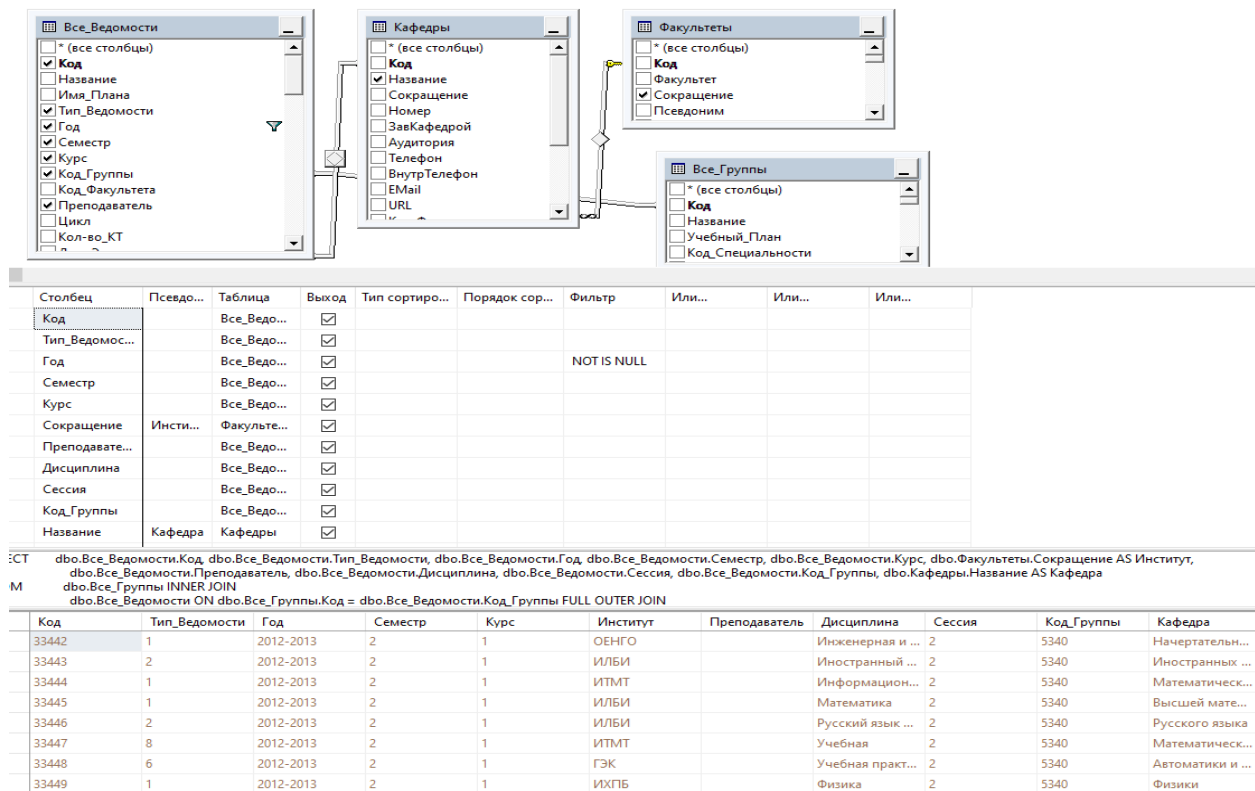


Рис. 4 Схема представления для создания измерения «Ведомости»

Как видно из структуры представления, к данным из основной таблицы («Все\_Ведомости») добавлены сведения о кафедрах и институтах. Связями между таблицами отрегулированы соответствия данных.

Подобного рода представление («Студенты») сделано и для измерения «Студенты» со следующей структурой (рисунок 5).

После подготовки исходных данных был создан SSAS проект с именем «UspevaemostVUZ». Для рассмотренной выше «очистки» данных в сервере анализа данных предусмотрен механизм очистки данных, называемый SSIS. Создание SSIS проектов будет рассмотрено в следующих публикациях. Данный же проект базируется на уже очищенных данных и подключен базе данных «TutorAnalis». В проекте созданы измерения для Календаря аттестаций, Ведомости, Студенты (рисунки 6-8).

Столбец	Псевдо...	Таблица	Выход	Тип сортиро...	Порядок сор...	Фильтр	Или...	Или...	Или...
Код			<input checked="" type="checkbox"/>						
dbo.Все_Студ...	ФИО	Все_Студе...	<input checked="" type="checkbox"/>						
Статус		Все_Студе...	<input checked="" type="checkbox"/>						
Основания		Все_Студе...	<input checked="" type="checkbox"/>			<> ''			
Пол		Все_Студе...	<input checked="" type="checkbox"/>						
Название		Все_Груп...	<input checked="" type="checkbox"/>			<> 'Выпускн'			
Курс		Все_Груп...	<input checked="" type="checkbox"/>						
Код_Факульт...		Все_груп...	<input checked="" type="checkbox"/>						
Уровень		Все_Груп...	<input checked="" type="checkbox"/>						
Форма_Обуч...		Все_груп...	<input checked="" type="checkbox"/>			NOT IS NULL			
УчебныйГод		Все_Груп...	<input checked="" type="checkbox"/>			NOT IS NULL			
Специально...		Все_Груп...	<input checked="" type="checkbox"/>			NOT IS NULL			

```

T dbo.Все_Студенты.Код, dbo.Все_Студенты.Фамилия + '' + dbo.Все_Студенты.Имя + '' + CASE WHEN dbo.Все_Студенты.Отчество IS NULL THEN '' ELSE dbo.Все_Студенты.Отчество END AS ФИО,
dbo.Все_Студенты.Статус, dbo.Все_Студенты.Основания, dbo.Все_Студенты.Пол, dbo.Все_Группы.Название, dbo.Все_Группы.Курс, dbo.Все_Группы.Код_Факультета, dbo.Все_Группы.Уровень,
dbo.Все_Группы.Форма_Обучения, dbo.Все_Группы.УчебныйГод, dbo.Все_Группы.Специальность
dbo.Все_Студенты INNER JOIN

```

Код	ФИО	Статус	Основания	Пол	Название	Курс	Код_Факультета	Уровень	Форма_Обуче...	УчебныйГод	Специальность
13889	Михайлов Никита Петрович	3	ОО	Муж	з/ЛМ6-ТМО-11-1	4	44	2	2	2014-2015	151000
16901	Агаев Руслан Этибарович	3	ОО	Муж	ЛИ1-08-3	5	37	1	1	2012-2013	Лесоинженерн...
17478	Кулаева Нина Владимировна	1	ОО	Жен	з/ЛП6-ЛД-16-1	5	43	2	2	2020-2021	35.03.01
17601	Савельев Денис Павлович	3	СН	Муж	з/ЛК6-ЛД-11-1	5	43	2	2	2015-2016	250100
18893	Павлов Антон Михайлович	3	СН	Муж	з/ЛМС-ММЛП...	6	44	1	2	2014-2015	150405
21119	Бузин Максимилиан Валерьевич	3	СН	Муж	з/ЛКс-ЛК-09-3	6	43	1	2	2014-2015	25020114
21247	Самсонова Екатерина Евгеньевна	3	ОО	Жен	ЛИ1-08-3	5	37	1	1	2012-2013	Лесоинженерн...
21287	Калашников Владимир Александрович	3	ОО	Муж	ЛИ1-08-3	5	37	1	1	2012-2013	Лесоинженерн...
21417	Ставенок Максим Андреевич	3	ОО	Муж	ЛИ1-08-3	5	37	1	1	2012-2013	Лесоинженерн...

Рис. 5 Схема представления для создания измерения «Студенты»

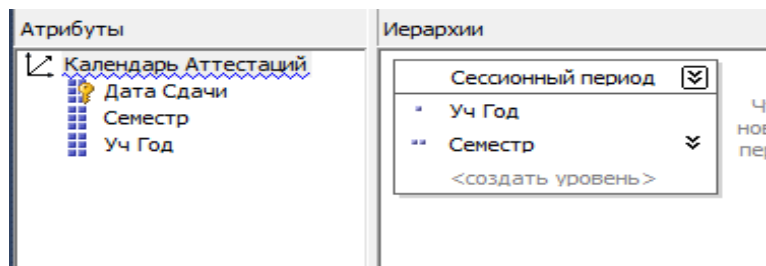


Рис. 6 Структура измерения «Календарь аттестаций» в SSAS

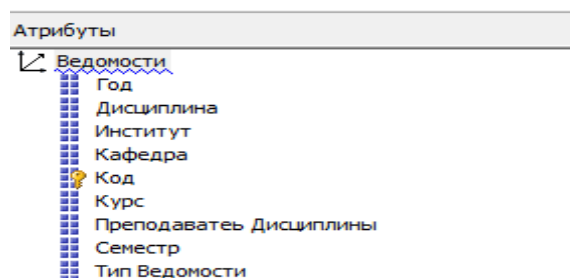


Рис. 7 Структура измерения «Ведомости» в SSAS

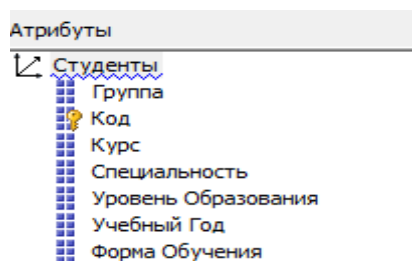


Рис. 8 Структура измерения «Студенты» в SSAS

Структура куба имеет вид (Рисунок 9).

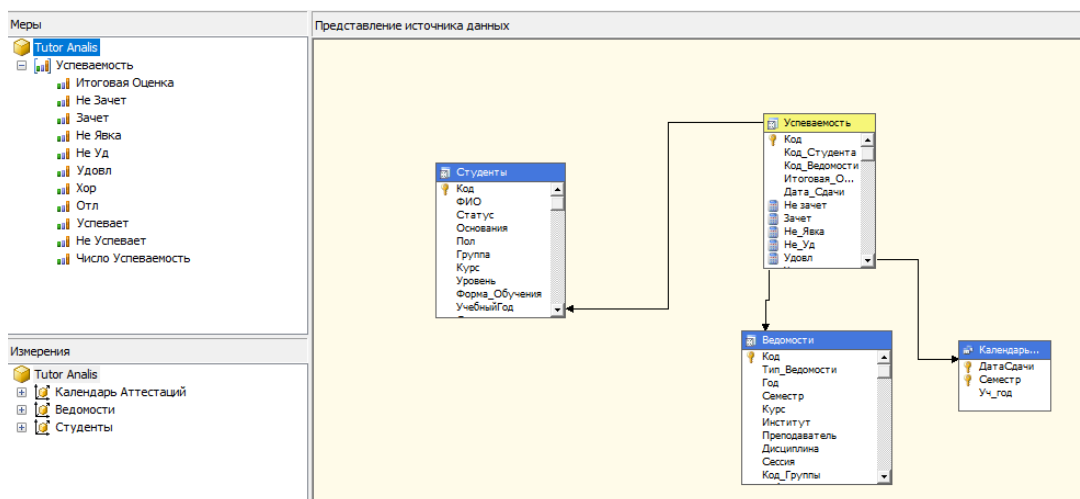


Рис. 9 Структура куба с мерой и измерениями

Из нее видно, что мерой являются данные таблицы «Успеваемость». Но в исходную таблицу были добавлены расчетные поля «Не зачет», «Зачет», «Не явка», «Не уд», «Удовл», «Хор», «Отл», рассчитываемые по значению поля «Итоговая\_Оценка» SQL операторами примерно такого вида: `CASE WHEN Итоговая_Оценка=-1 THEN 1 ELSE 0 END AS Не зачет.`

Статистики этих полей и являются показателями успеваемости. Использование этих оценок может потребоваться, если необходимо провести детальный анализ по каждому типу оценок. Однако для оценки общей успеваемости удобнее использовать всего две оценки – «Успевает», «Не успевает». В группу «Успевает» включаются расчетные поля «Зачет», «Удовл», «Хор», «Отл». В группу «Не успевает» - «Не зачет», «Не явка», «Не уд». Для вычисления оценки «Успевает» используется следующее SQL выражение:

```
CASE WHEN Итоговая_Оценка=3 OR Итоговая_Оценка=4 OR Итоговая_Оценка=5 OR Итоговая_Оценка=7 OR Итоговая_Оценка=6 THEN 1 ELSE 0 END
```

Еще более удобно использовать в качестве оценки успеваемости *долю успевающих* по единицам измерения: дисциплинам, кафедрам, группам и так далее. То есть «Успевает» / («Успевает»+ «Не успевает»).

Другие таблицы на рисунке отображают измерения куба.

Для того, чтобы данные куба стали доступными для исследования, нужно запустить операцию развертывания куба. В результате развёртывания данные куба и измерений помещаются в сервер анализа данных. Структура сервера для нашей задачи представлена на рисунке 10.

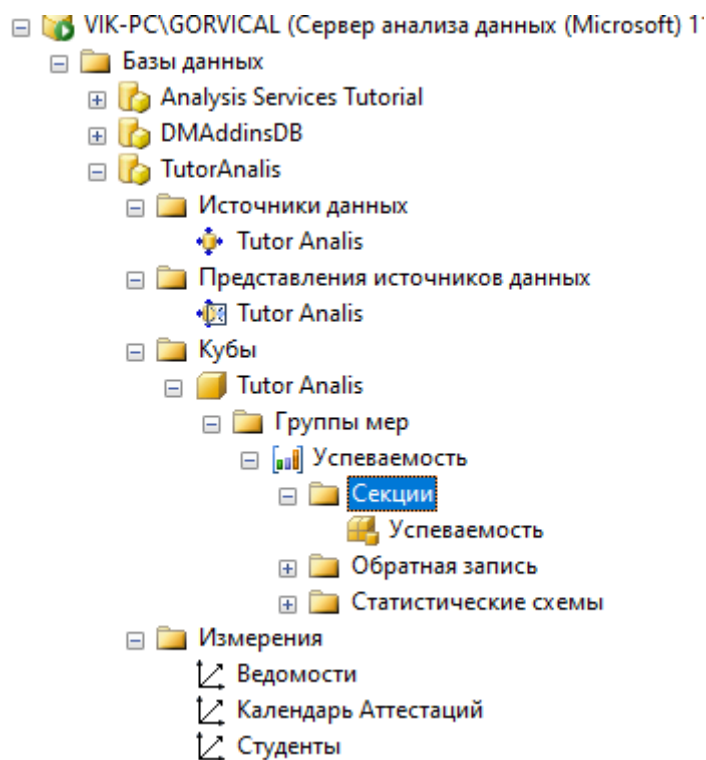


Рис. 10 Структура сервера анализа данных TutorAnalis

После развертывания куба, становится доступен браузер для просмотра данных.

Например, если нужно посмотреть количество успевающих по группам и специальностям, переносим из измерений интересующие поля в браузер и получаем интересующие нас данные (см. рисунок 11).

Институт	Специальность	Уровень Образования	Форма Обучения	Учебный Год	Группа	Успевает	Число Успеваемости
ИЛАС	072500	Бакалавр	Дневная	2014-2015	ЛА6-Д...	12	48
ИЛАС	08.03.01	Бакалавр	Дневная	2018-2019	ЛА6-С...	11	27
ИЛАС	08.03.01	Бакалавр	Дневная	2018-2019	ЛА6-С...	1	2
ИЛАС	08.03.01	Бакалавр	Дневная	2019-2020	ЛА6-С...	277	351
ИЛАС	08.03.01	Бакалавр	Дневная	2019-2020	ЛА6-С...	2	6
ИЛАС	08.03.01	Бакалавр	Дневная	2019-2020	ЛА6-С...	2	7
ИЛАС	08.03.01	Бакалавр	Дневная	2020-2021	ЛА6-С...	37	58
ИЛАС	08.03.01	Бакалавр	Дневная	2020-2021	ЛА6-С...	40	79
ИЛАС	08.03.01	Бакалавр	Дневная	2020-2021	ЛА6-С...	19	28
ИЛАС	080301	Бакалавр	Дневная	2017-2018	ЛА6-С...	8	30
ИЛАС	221700	Бакалавр	Дневная	2013-2014	МТ6-С...	9	55
ИЛАС	221700	Бакалавр	Дневная	2013-2014	МТ6-С...	2	50
ИЛАС	221700	Бакалавр	Дневная	2013-2014	МТ6-С...	0	32
ИЛАС	221700	Бакалавр	Дневная	2014-2015	МТ6-С...	708	853
ИЛАС	221700	Бакалавр	Дневная	2014-2015	МТ6-С...	14	42
ИЛАС	221700	Бакалавр	Дневная	2014-2015	МТ6-С...	58	143
ИЛАС	221700	Бакалавр	Дневная	2014-2015	МТ6-С...	3	28
ИЛАС	221700	Бакалавр	Дневная	2015-2016	МТ6-С...	1031	1260
ИЛАС	221700	Бакалавр	Дневная	2015-2016	МТ6-С...	35	71
ИЛАС	221700	Бакалавр	Дневная	2015-2016	МТ6-С...	10	30
ИЛАС	25030000	Бакалавр	Дневная	2013-2014	МТ6-Т...	231	260

Рис. 11 Пример выборки данных в SSAS

Однако в версии «SQL server data tools» для «SQL Server 2012» браузер имеет ограниченные возможности для анализа. Поэтому анализ удобнее провести средствами Excel. Для этого данные куба передаются в Excel, где можно настроить и просмотреть результаты анализа.

В Excel тот же инструментарий дает гораздо более широкие возможности. В частности, имеется мощный механизм создания сводных таблиц, использующий данные SQL базы данных. Например, сформируем выборку успеваемости иерархической структуры: «Уч год», «Институт», «Уровень образования», «Специальность», «Форма обучения», «Группа», результаты которой представлены на рисунке 12. В качестве оценки успеваемости возьмем долю успевающих среди всех аттестованных.

Институт	Учебный Год	Уровень Образ.	Специальность	Форма Обучени	Группа	Итого
ИЛП	2015-2016	Бакалавр	050306	Дневная	ЛХ6-ЭКПР-14-1	0,223684211
					ЛХ6-ЭКПР-15-1	0,189189189
			060301	Дневная	ЛХ6-Био-14-1	0,280701754
					ЛХ6-Био-15-1	0,181818182
			090302	Дневная	ЛХ6-ИСИТ-14-1	0,32
					ЛХ6-ИСИТ-14-2	0,5
					ЛХ6-ИСИТ-15-1	0,434782609
					ЛХ6-ИСИТ-15-2	0,028985507
			230400	Дневная	ЛХ6-ИСИТ-12-1	0,809756098
			250100	Дневная	ЛХ6-ЛД-12-1	0,957695113
					ЛХ6-ЛД-12-2	0,915966387
					ЛХ6-ЛД-12-3	0,903711133
					ЛХ6-ЛД-12-4	0,904156064
					ЛХ6-ЛД-13-1	0,614457831
					ЛХ6-ЛД-13-4	0,648148148
					ЛХ6-ЛД-13-5	0,493975904
					ЛХ6-ЛД-14-1	0,25
					ЛХ6-ЛД-14-2	0
					ЛХ6-ЛД-14-3	0,320987654
					ЛХ6-ЛД-14-4	0,592592593
					ЛХ6-ЛД-15-1	0,367816092
					ЛХ6-ЛД-15-2	0,166666667
					ЛХ6-ЛД-15-3	0,236842105
					ЛХ6-ЛД-15-4	0,139534884
					ЛХ6-ЛД-15-6	0,229166667
	2016-2017	Бакалавр	050306	Дневная	ЛП6-ЭКПР-15-1	0,333333333
			090302	Дневная	ЛП6-ИСИТ-13-1	0,920489297
					ЛП6-ИСИТ-14-1	0,41958042
					ЛП6-ИСИТ-14-2	0,535211268
					ЛП6-ИСИТ-15-1	0,525547445
			350301	Дневная	ЛП6-ЛД-13-1	0,904175589
					ЛП6-ЛД-13-2	0,787453875

Рис. 12 Выборка данных для анализа успеваемости по группам

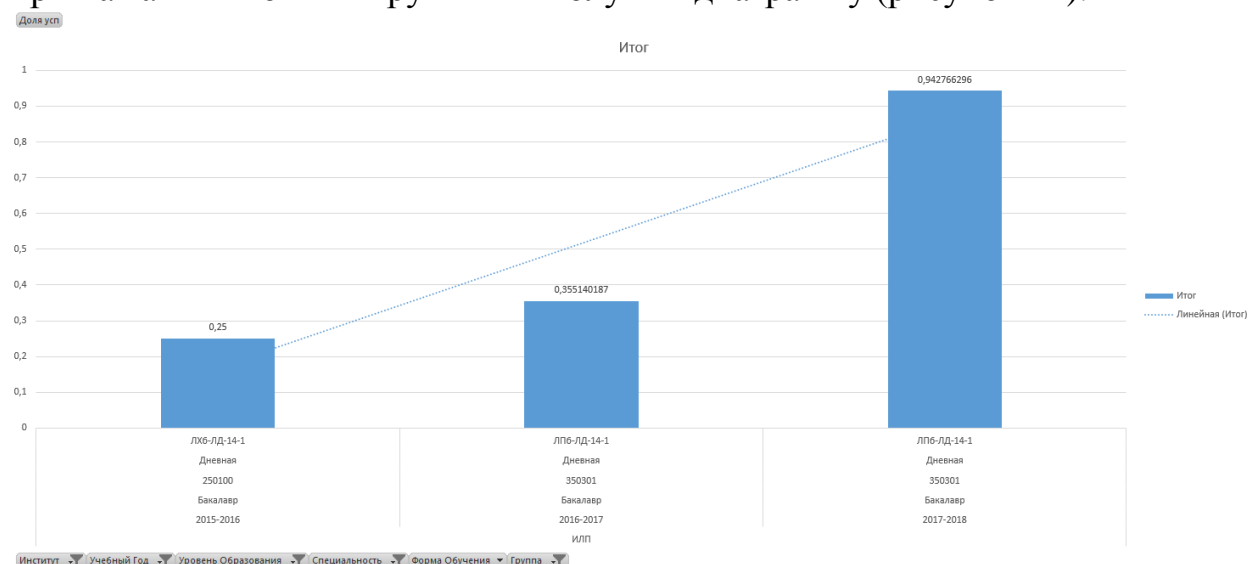
Как видно из рисунка 11 данная иерархия содержит долю успевающих по всем предметам в каждой из рассматриваемых групп. На основе этих

данных средствами Excel строится универсальная диаграмма с возможностью настройки. Для большей визуальной представительности данных на диаграмме отфильтруем ее для дневников ИЛиП. Вид диаграммы представлен на рисунке 13.



**Рис. 13** Диаграмма успеваемости по группам

Красным цветом выделена линейка настроек. По наименованию групп видно, что в 2016-2017 учебном году изменилось наименование института. Сравнительный анализ можно провести в любом разрезе – по институтам, специальностям и так далее. Рассмотрим показатели группы ЛХБ-ЛД-14-1. В 2015-2016 учебном году у нее были один из самых низких показателей. Выберем ее из раскрывающегося списка, который появляется при нажатии кнопки «Группы» и получим диаграмму (рисунок 14).

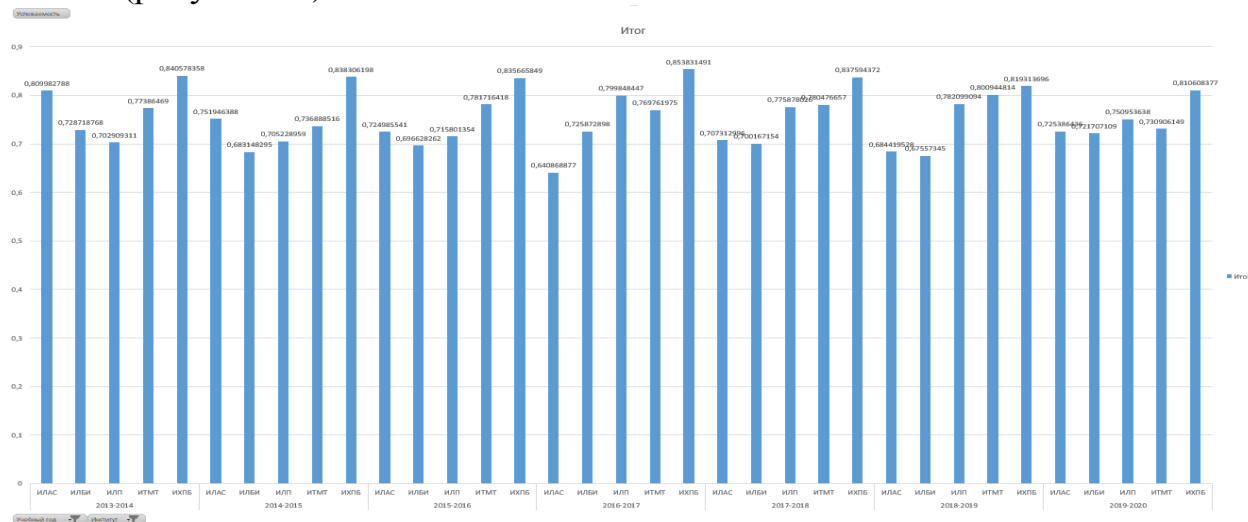


**Рис. 14** Детализация успеваемости по группе ЛХБ-ЛД-14-1



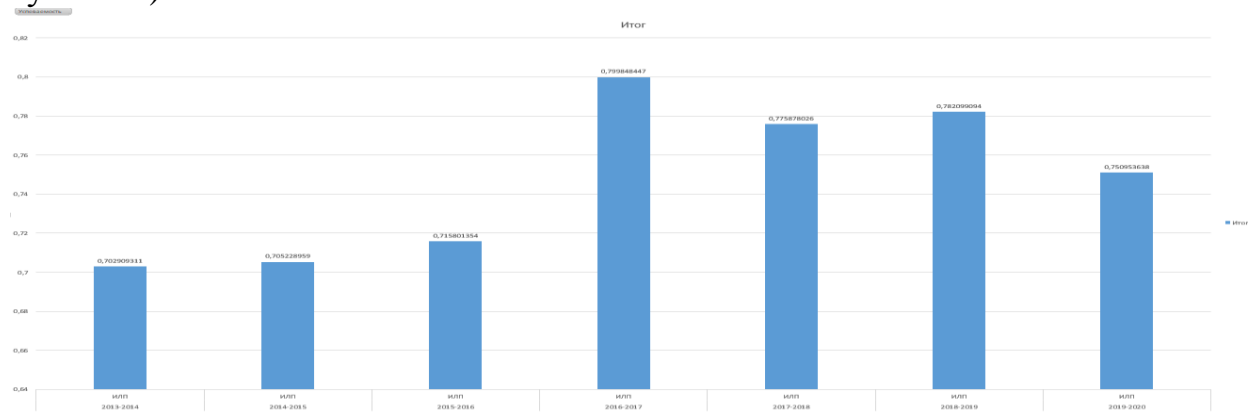
Из диаграммы видно, что успеваемость группы на старших курсах значительно выросла.

Проведем исследование успеваемости по годам институтов университета (рисунок 15).



**Рис. 15** Диаграмма успеваемости институтов по годам

В 2013-2014 году наименьший процент успеваемости был у института ИЛП. Настроим диаграмму для просмотра одного этого института (рисунок 16).



**Рис. 16** Диаграмма успеваемости ИЛП по годам

Как видно из диаграммы успеваемость росла до 2016-2017 года, а затем стала незначительно снижаться. Теперь попробуем оценить динамику успеваемости кафедр (например, ИЛП) по годам (рисунок 17).

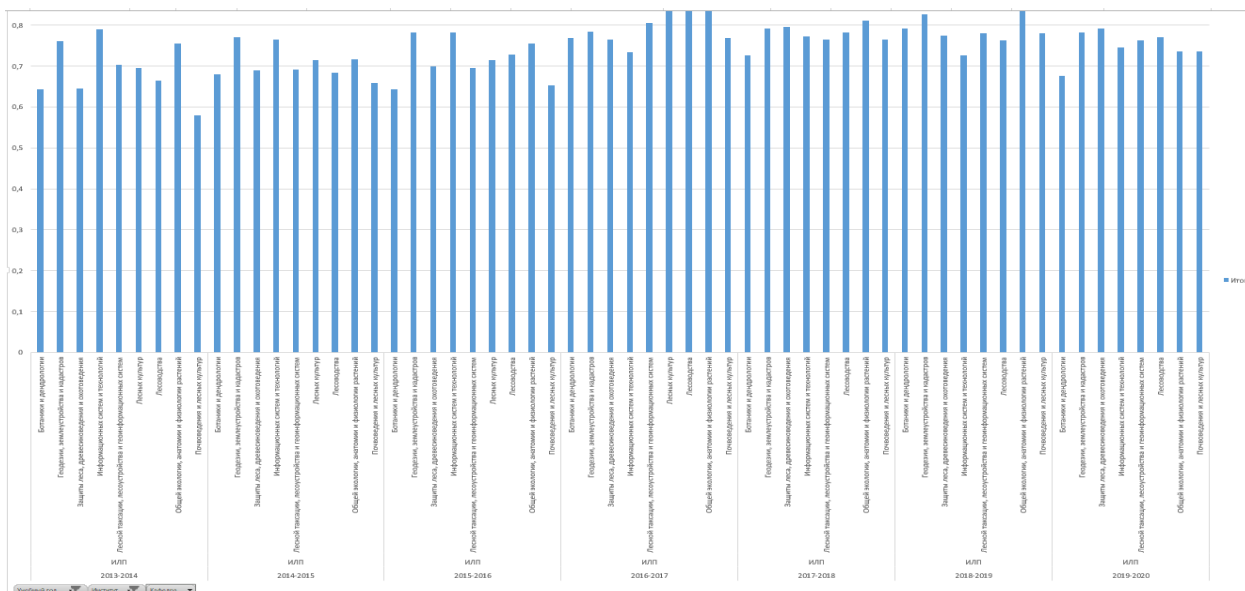


Рис. 17 Диаграмма успеваемости кафедр ИЛиП по годам

Выберем из них кафедру ИСиТ и посмотрим ее динамику успеваемости (рисунок 18).

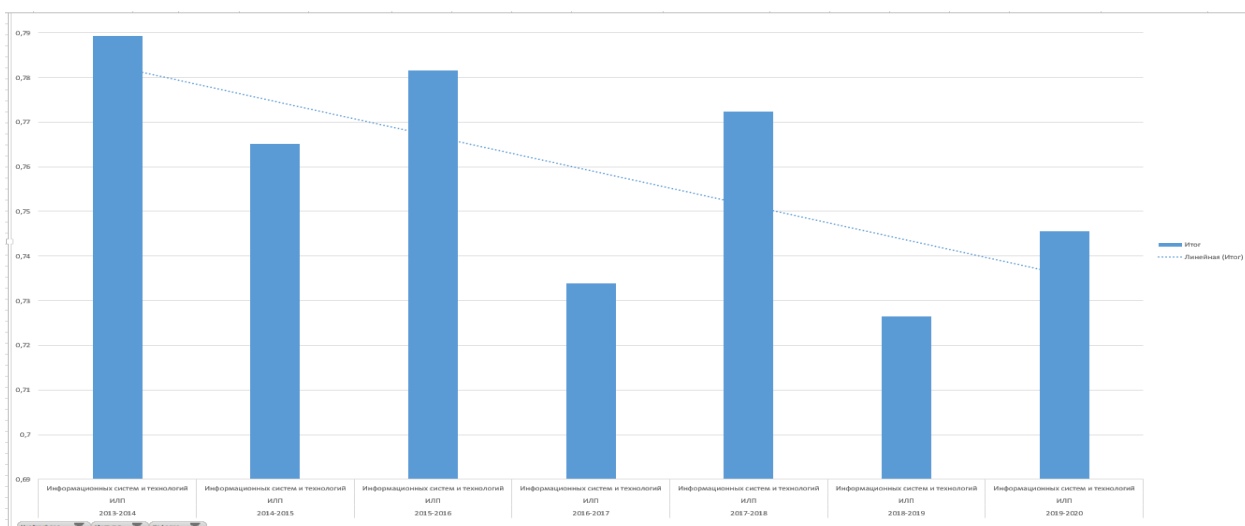
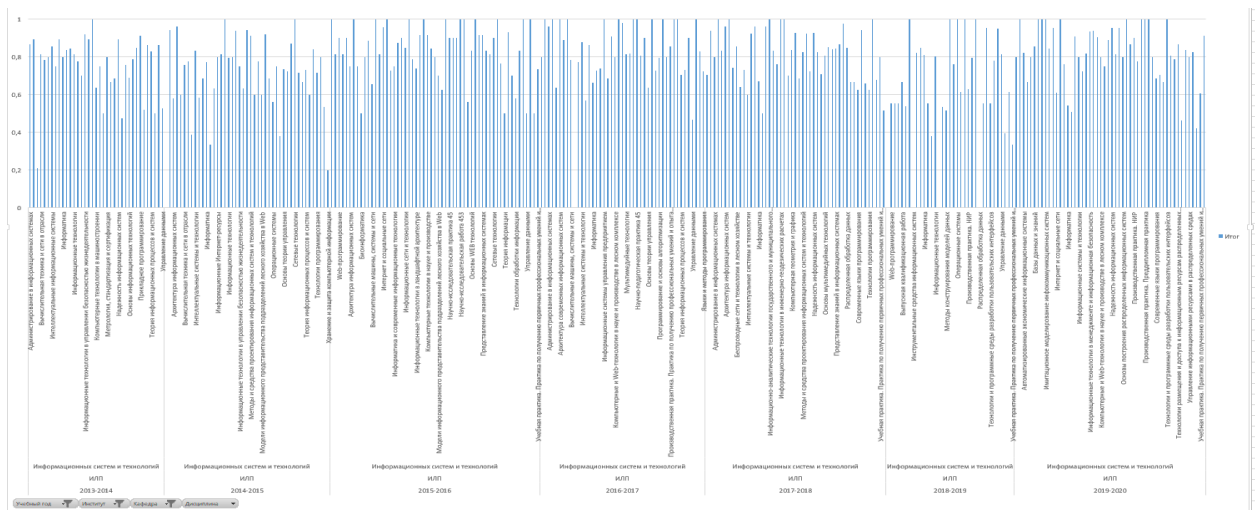


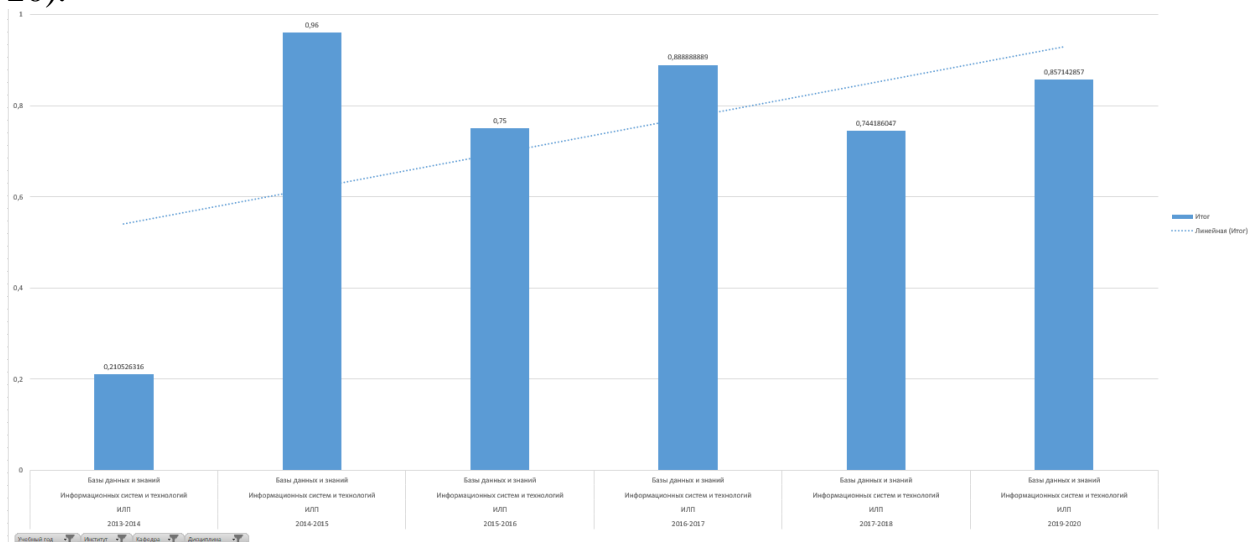
Рис. 18 Временная диаграмма успеваемости по кафедре ИСиТ

Здесь явно заметен тренд к снижению успеваемости. Теперь попробуем оценить успеваемость по дисциплинам кафедры (рисунок 19).



**Рис. 19** Временная диаграмма успеваемости по дисциплинам кафедры ИСиТ

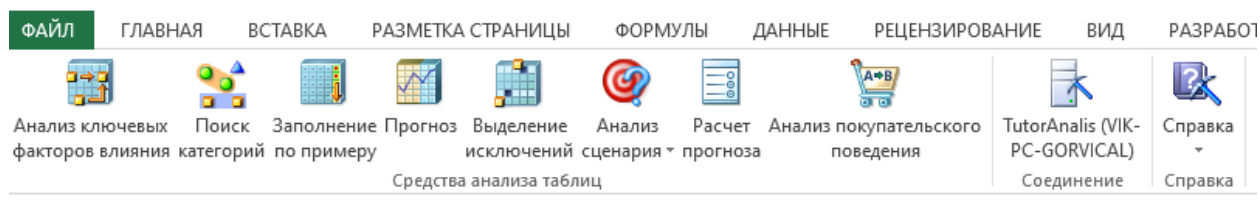
Поскольку дисциплин много, то анализ представляется затруднительным. Можно детализировать динамику успеваемости по отдельным дисциплинам, например по предмету «Базы данных и знаний» (рисунок 20).



**Рис. 20** Динамика успеваемости по дисциплине «Базы данных и знаний»

Ну что же, тренд положительный, но надо совершенствовать методику преподавания курса.

Рассмотренный выше анализ успеваемости в Excel относится к сервису «Сводная диаграмма» вкладки «Анализ». Однако в открытом доступе существуют инструменты для интеллектуального анализа данных в Excel (например <http://www.microsoft.com/downloads/>), которые позволяют выполнять различные виды анализа. Рисунок 21 иллюстрирует многообразие инструментов анализа системы Data Mining для Excel.



**Рис. 21** Инструменты анализа системы Data Mining для Excel

Первые попытки использовать этот инструмент для анализа успеваемости привел к результатам, которые трудно интерпретировать с точки зрения управления учебным процессом. Поэтому работа по освоения данного инструмента будет продолжена. Результаты будут изложены в следующих статьях.

**А.Д. Григорьев**, бакалавр 3 курса ИСиТ  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им. С.М.Кирова  
adg97@yandex.ru

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ NODE.JS ДЛЯ СЕРВЕРНОЙ АРХИТЕКТУРЫ WEB - ПРИЛОЖЕНИЯ

### Введение

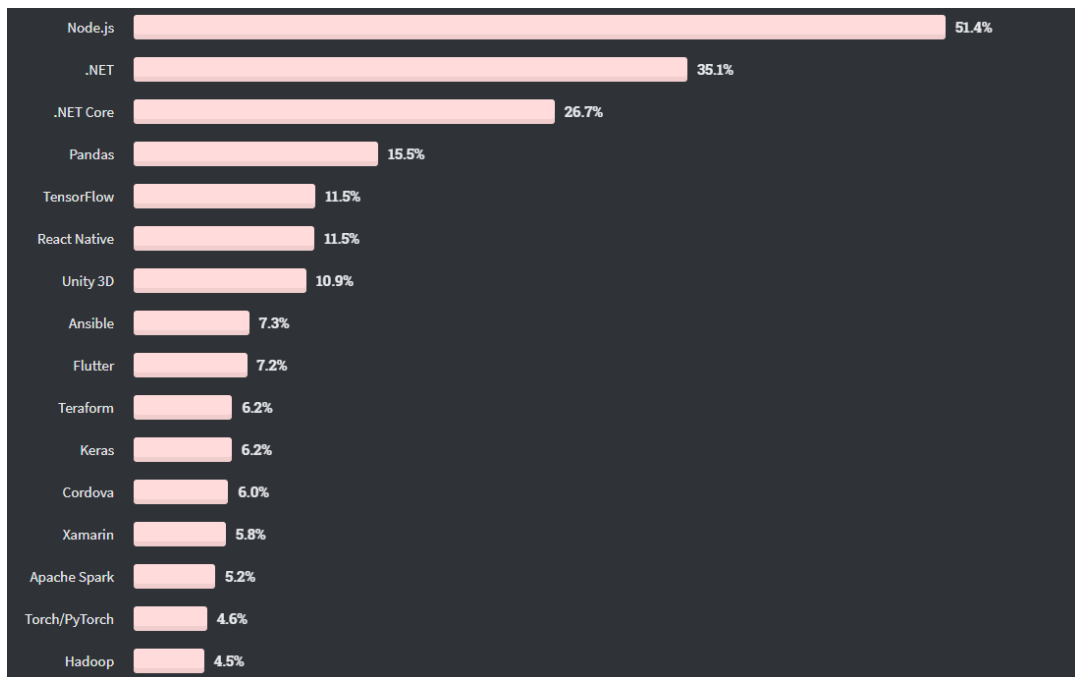
Node.js – это среда выполнения JavaScript, основой которой является движок V8, который был разработан компанией Google. Этот движок также применяется в браузере Google Chrome. Node использует неблокирующую модель ввода – вывода, что делает данную платформу крайне эффективной.

Кроме этого, node играет большую роль в совершенствовании современных библиотек и фреймворков для JS. Также, node имеет встроенный менеджер пакетов npm, который представлен самым большим реестром программного обеспечения в интернете.

Ранее javascript был сложным в отладке. Теперь, с node.js применяется node-inspector, в котором собраны средства инструментов разработчика Chrome. Динамическая типизация в JS также не способствовала упрощению отладки, однако современные средства (например, TypeScript) решают эту проблему, повышая стабильность и предсказуемость программ.

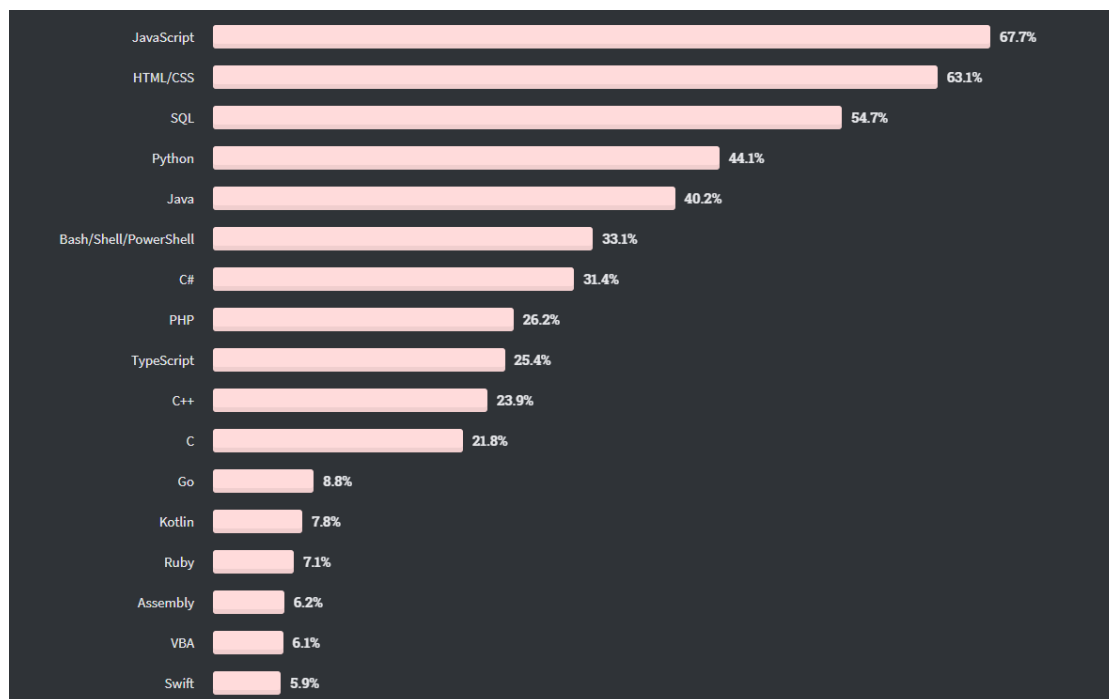
### Актуальность

В наши дни платформа node.js является крайне популярной. Взглянем на факты. Свежее исследование Stack Overflow показывает, что Node – это, на сегодняшний момент, самая популярна среди разработчиков технология (рисунок 1).



**Рис. 1** Первый фрагмент исследования Stack overflow

Кроме этого, JS – язык, популярность которого за последние годы растет быстрее, чем у всех остальных языков. То же исследование показывает, что данный язык является самым популярным среди разработчиков на сегодняшний день (рисунок 2).



**Рис. 2** Второй фрагмент исследования Stack overflow.

JavaScript стал языком для всего. Сервер, браузер, мобильные телефоны, десктопные приложения, IoT — везде JavaScript неплохо себя чувствует. Совершенно новым направлением оказались AWS-лямбды

(serverless), в которых JavaScript тоже отлично себя проявил. Таким образом, как JS, так и node являются крайне актуальными на сегодняшний день.

## Материалы и методы

Веб-приложения, написанные следуя клиент/серверной архитектуре, работают по следующей схеме — клиент запрашивает нужный ресурс у сервера и сервер отправляет ресурс в ответ. В этой схеме сервер, ответив на запрос, прерывает соединение.

Такая модель эффективна, поскольку каждый запрос к серверу потребляет ресурсы (память, процессорное время и т.д.). Для того чтобы обрабатывать каждый последующий запрос от клиента, сервер должен завершить обработку предыдущего.

Сервер может обрабатывать несколько запросов за один раз. Когда сервер получает новый запрос, он создаёт отдельный поток для его обработки.

Поток, если говорить простыми словами, это время и ресурсы, что CPU выделяет на выполнение небольшого блока инструкций. С учётом сказанного, сервер может обрабатывать несколько запросов одновременно, но только по одному на поток. Такая модель так же называется thread-per-request model.

Для обработки  $N$  запросов серверу нужно  $N$  потоков. Если сервер получает  $N+1$  запросов, тогда он должен ждать пока один из потоков не станет доступным.

Один из способов избавиться от ограничений — добавить больше ресурсов (памяти, ядер процессора и т. д.) на сервер, но это не самое лучшее решение.

Ограниченное число потоков на сервере – не единственная проблема. Существуют блокирующие операции ввода/вывода, из-за которых поток не может обрабатывать несколько запросов одновременно. Например, во время обращения к базе данных поток просто ждет, когда БД вернет результаты запроса.

Скорость операции ввода/вывода является различной для каждой операции. Обратимся к табл.1.

Таблица 1

Скорость различных операций ввода/вывода.

Операция	Количество тактов CPU
CPU Registers	3 такта
L1 Cache	8 тактов
L2 Cache	12 тактов
RAM	150 тактов
Disk	30000000 тактов
Network	250000000 тактов

Как видно из табл. 1, операции чтения с диска и сети слишком медленные. Эти операции заставляют поток тратить большое количество времени и ресурсов впустую.

Node.js решает проблему простаивания потока, предоставляя разработчику возможность использовать неблокирующие операции ввода и вывода.

Блокирующие методы выполняются синхронно, а неблокирующие методы выполняются асинхронно.

Для примера возьмем модуль File System. Ниже представлен пример синхронного чтения файла:

```
const fs = require('fs');  
// исполнение кода заблокировано, пока файл не будет полностью  
считан  
const data = fs.readFileSync('/file.md');
```

Эквивалентный асинхронный пример:

```
const fs = require('fs');  
fs.readFile('/file.md', (err, data) => {  
  if (err) throw err;  
});
```

Первый пример выглядит проще, чем второй, но он имеет один недостаток: вторая строка блокирует исполнение любого нижеследующего кода, до тех пор, пока весь file.md не будет считан. Следует обратить внимание, что, если синхронная версия кода сгенерирует исключение, его нужно обработать, иначе процесс Node.js "упадёт". В асинхронном варианте выбор — сгенерировать исключение или нет — оставлен на усмотрение программиста.

Расширим наш пример:

```
const fs = require('fs');  
// исполнение кода заблокировано, пока файл не будет полностью  
считан  
const data = fs.readFileSync('/file.md');  
console.log(data);  
moreWork(); // функция будет исполнена, после console.log
```

Подобный асинхронный пример:

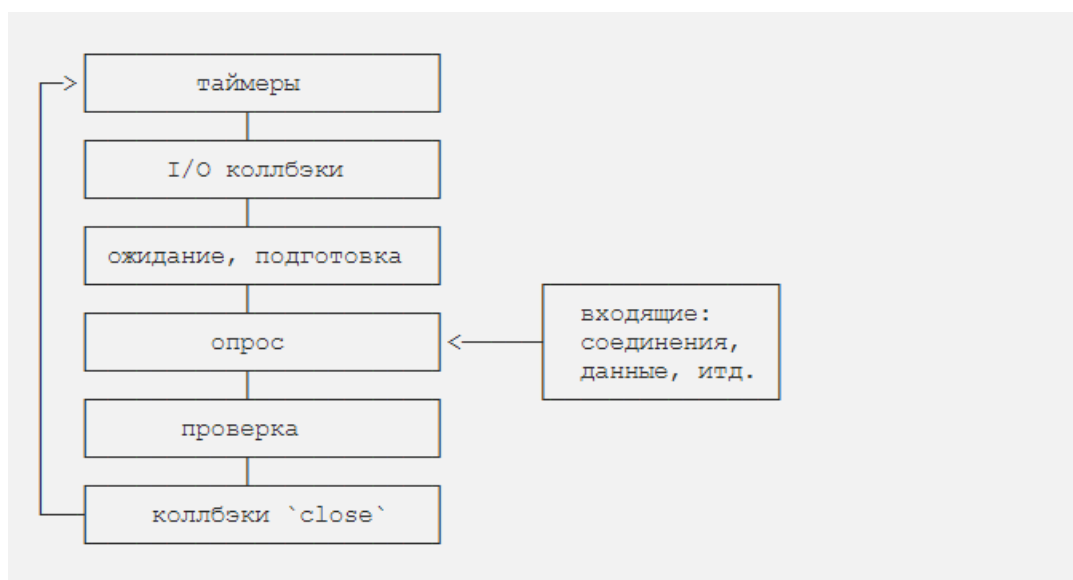
```
const fs = require('fs');  
fs.readFile('/file.md', (err, data) => {  
  if (err) throw err;  
  console.log(data);  
});  
moreWork(); // функция будет исполнена до console.log
```

В первом примере метод `console.log` будет вызван до срабатывания функции `moreWork()`. Во втором примере метод `fs.readFile()` является неблокирующим, поэтому исполнение JavaScript может продолжаться, не дожидаясь окончания его работы. Как следствие функция `moreWork()` сработает раньше `console.log`. Эта возможность — отсутствие необходимости дожидаться окончания чтения файла и других системных вызовов — ключевое инженерное решение, которое обеспечивает высокую пропускную способность Node.js.

Пока файл считывается с диска, `node` может обрабатывать другие запросы, и даже считывать другой файл, делая все это в одном потоке.

Реализуется это с помощью цикла событий (Event loop) — того, что и позволяет `node.js` выполнять неблокирующие операции ввода/вывода путем выгрузки операций в ядро системы, когда это возможно.

Цикл событий имеет 6 фаз, каждое исполнение всех этих фаз называют «tick»(рис.3).



**Рис. 3** Фазы цикла событий.

Обзор фаз:

- таймеры: в этой фазе выполняются коллбэки, запланированные `setTimeout()` и `setInterval()`;
- I/O коллбэки: выполняются почти все коллбэки, за исключением событий `close`, таймеров и `setImmediate()`;
- ожидание, подготовка: используется только для внутренних целей;
- опрос: получение новых событий ввода/вывода. Node.js может блокироваться на этом этапе;
- проверка: коллбэки, вызванные `setImmediate()`, вызываются на этом этапе;
- коллбэки события `close`: например, `socket.on('close', ...)`.



Когда циклу событий нужно выполнить операцию ввода/вывода он использует поток ОС, а когда задача выполнена, коллбэк ставится в очередь во время фазы «I/O коллбэки».

## **Заключение**

Приведенная выше информация показывает то, что node.js является эффективной технологией для серверной разработки, интерес к которой постоянно растет. Были рассмотрены основные принципы устройства данной платформы, отличия от классических решений, показано, почему приложения, построенные с помощью node, обладают высокой производительностью.

## **Библиографический список**

1. Alex Young. Документация node.js//nodejs.org, pp 1-121 2020.
2. Jorge Ramón. Everything you need to know about Node.js.//dev.to, pp 1-10, 2019.
3. М. Кантелон, М. Хантер. Node.js в действии. // Питер, 2015. 448 страниц.

**Т.К. Екшикеев**, кандидат экономических наук, доцент  
СПХФУ

tager-ekshikeev@pharminotech.com

**И.А. Обухова**, кандидат технических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий

СПбГЛТУ им.С.М.Кирова

lobukhova@inbox.ru

## **НОВЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ИДЕИ ПРИ РЕШЕНИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ОПТИМАЛЬНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕСУРСОВ**

В последнее время термин «инновационная идея» встречается все чаще и на всех уровнях. Упрощенно инновация определяется, как нововведение в области техники, технологии, организации труда или управления, основанное на использовании достижений науки и передового опыта. А под идеей понимается новая оригинальная мысль, имеющую определенную целевую направленность и потенциальную общественно-полезную ценность. Из приведенных определений следует, что большинство идей, имеющих новизну, содержат инновационные элементы. Однако этого не достаточно для их определения, в качестве инновационной идеи.

Главными признаками инновационной идеи являются ее соответствие современному направлению (тренду) развития соответствующей области хозяйствования и востребованности в экономике. В этом и только в этом случае идея становится инновационной. Соответствие современному

направлению развития следует определять по мировому уровню знаний и технологий соответствующей области хозяйствования, а также ее тенденциям.

Инновационная идея должна основываться на современных научных представлениях, использовать последние технические разработки, применять передовые технологии и организационные схемы. Тем не менее, в нашей современной действительности более важным будет второй признак – востребованность в экономике. Именно этот критерий становится для многих идей непреодолимым, даже при соответствии всем другим научным, технологическим и организационным требованиям. Поэтому при развитии и разработке идеи, следует тщательно изучить не только новизну и уровень идеи, а и ее соответствие потребительским запросам рынка и возможностям производства. Необходимо также проанализировать конкурентную среду – выяснить степень конкурентоспособности новой идеи и возможность ее развития в данных условиях. Следовательно, отсутствие востребованности идеи не позволяет определить ее в качестве инновационной.

С другой стороны, не каждая востребованная идея является инновационной. Действительно востребованными являются и обычные, не инновационные идеи. Более того в большинстве случаев внедряются именно такие, уже известные в мире, обычные идеи, имеющие локальную новизну. Не обязательно все идеи должны быть инновационными. Инновационные идеи обеспечивают прорыв, продвижение. Таких идей не может быть много. Большинство идей имеют локальную новизну – новизну в регионе, в городе, на предприятии. Именно такие идеи способствуют распространению и закреплению передового опыта. Еще одной желательной характеристикой инновационной идеи является ее направленность в будущее. Инновационная идея должна не только соответствовать современному уровню, но и должна заглядывать в завтрашний день, т.е. содержать элементы постиндустриальных технологий. В этом случае инновационной идеи обеспечено длительное существование развитие и продвижение [1].

Деятельность общества (и человека) складывается из ежедневного, а иногда и ежечасного решения множества задач во всем различия их по содержанию и применяемых методов решения. Большинство профессиональных – задач решается в процессе планомерной и целенаправленной деятельности, но некоторые из этих задач возникают спонтанно и требуют от индивида творческого решения. Решение последних задач требует от специалиста способности и умения представить в сжатые сроки наилучшее решение.

Само слово «задача» – употребляется в разных смыслах, по нарастающую сложности [2]: 1. как составляющая общей цели; 2. как определенное задание, выполняемое заданными способами и при заданных условиях; 3. как упражнение, которое выполняется в результате умозаключения и

вычисления; 4. как задание, путь и результат которого неизвестны, но подлежат нахождению при сформулированных условиях.

Рассмотрение различных определений «задачи» дает возможность ее структурировать:

- 1) предмет задачи – исходное состояние (исходный предмет);
- 2) модель начального – требуемого состояния предмета задачи (требование задачи);
- 3) нахождение способа решения задачи;
- 4) возможность «дробления» задачи на подзадачи;
- 5) представление средства решения задачи (возможны рекомендуемые или обязательные или, наоборот, запрещенные);
- 6) процесс решения задачи, состоящий из операций (работ), осуществляемых решателем, а также временные затраты на их осуществление;
- 7) ответ (решение) задачи;
- 8) анализ решения (возможные и частные случаи).

Вопрос о классификации задач, по мнению авторов также решается неоднозначно. Существует также множество различных подходов к выделению типов задач. За основу классификации традиционно выбирают различные признаки задач. Это исследовательские и практические задачи, простые и сложные задачи. Они могут иметь как продуктивный – творческий, так и репродуктивный характер.

Продуктивный – концентрируется на конкретной проблеме (очень важна четкая формулировка). Здесь предлагается самостоятельный (произвольный) поиск ответов на вопросы. Но в отличие от репродуктивных задач, здесь нет четких алгоритмов и формул.

Репродуктивный – это многократное воспроизведение уже полученных знаний и действий для получения результата задачи. То есть – осуществление программирования. Каждая задача (элементарная операция) имеет определенный алгоритм действий.

Наряду с термином «исследовательская задача» в литературе часто используются «синонимы»: познавательная задача, творческая задача, проблемная задача, проблемно-поисковая задача. Представим основные признаки названных типов задач [3].

Познавательные задачи: неизвестность способа решения; самостоятельность при добывании новых знаний или новых способов решения проблемы; достаточная сложность для того, чтобы вызвать затруднение; посылность для самостоятельного нахождения ответа; взаимосвязь задачи не только с новыми, но и с прежними знаниями; неизвестность результата при известных средствах его достижения.

Творческие задачи: проблема, сформулированная в задаче, может быть явно не определена; условие задачи не содержит указаний о том, какие знания необходимо применить; условие задачи может содержать избыточные или недостаточные данные; задача может иметь два или более способов решения; результат задачи и средство его достижения неизвестны.

Проблемные задачи: задача должна ставить учащегося в ситуацию, в которой у него должно появиться удивление и ощущение трудности и желание преодолеть эту трудность; задача содержит в себе элементы, находящиеся в противоречивых отношениях как между собой, так и с наличными знаниями учащегося; задача порождает в сознании учащегося проблемную ситуацию; задача требует открытия (усвоения) новых знаний, способы решения задачи учащиеся должны найти самостоятельно.

Исследовательские задачи: отсутствие не только алгоритма, но и различного рода алгоритмического предписания; нестандартность формулировки проблемы; нестандартность нахождения способов решения; возможность составления новых задач, вытекающих из решения данной; многовариантность гипотез, способов решения, ответов; применение догадок, эвристик.

Для реализации инновационных задач требуются экономические ресурсы. Экономические ресурсы – один из важнейших аспектов, обеспечивающих функционирование общественного производства, поэтому вопрос ресурсосбережения и определения оптимального соотношения ресурсов всегда актуален.

Для того чтобы достигнуть поставленной цели оптимизации в инновационных проектах, необходимо: ознакомиться с теоретическими основами процесса использования ресурсов; провести анализ использования ресурсов; рассмотреть спрос на ресурсы, его изменение и предельные издержки; определить и проанализировать пути повышения эффективности использования ресурсов изучаемых процессах.

Любая конкретная технология может быть представлена производственной функцией, показывая, какой вклад в создание готового инновационного продукта вносит каждый из ресурсов, вовлеченный в инновационный производственный процесс. С помощью производственной функции можно определить максимально возможный выпуск инновационной продукции при заданных затратах ресурсов. С другой стороны, она позволяет выяснить, каково минимально необходимое количество ресурсов для производства заданного объема инновационной продукции. Производственная функция помогает определить различные комбинации применяемых ресурсов, обеспечивающих возможность достижения одного и того же результата, то есть является в свою очередь инициатором улучшающих инноваций.

В микроэкономике используется большое количество самых разнообразных функций производства. Это может быть – двухфакторная функция, которая представляется как зависимость между объемом производства ( $Q$ ) и затратами факторов производства (труда  $L$ , капитала  $K$ ) [4]:

$$Q = f(K, L). \quad (1)$$

Или – однофакторная функция, которая представляется как зависимость между объемом производства ( $Q$ ) и только труда  $L$ :

$$Q = f(L). \quad (2)$$

Именно однофакторная функция по труду, по мнению авторов наиболее полно отражает этап продвижения инновационной идеи (все возможные инструменты финансовой поддержки подразумевают оплату по труду).

Поэтому вполне допустима следующая модель краткосрочного периода, когда инновационная производственная функция фирмы имеет вид:

$$Q = 100 \times L + 25 \times L^2 - 3 \times L^3. \quad (3)$$

И возможна формулировка задачи – при каком уровне занятости общий выпуск инновационной продукции будет максимальным?

Чтобы ответить на вопрос задачи, нужно найти точку максимума функции  $Q = f(L)$ . Продифференцируем ее по  $L$  и приравняем производную к нулю:  $-9 \times L^2 + 50 \times L + 100 = 0$ . Получаем квадратное уравнение, дискриминант которого:  $D = 2500 + 3600 = 6100$ , а корни:  $L_{1,2} = [-50 \pm 10 \times (61)^{1/2}] / (-18)$ . Поскольку один из корней отрицательный, берем  $L = [-50 - 10 \times (61)^{1/2}] / (-18) = 7,12$ . Количество сотрудников инновационного проекта – обязательно целое число, поэтому, округляя, получаем  $L = 7$ .

Представленные материалы о новых инновационных идеях при решении исследовательских и практических задач с оптимальным использованием ресурсов позволяют авторам сделать вывод о необходимости подготовки к публикации методических указаний «Инновационные идеи при решении исследовательских и практических задач с помощью инструментария *MS EXCEL*». Это позволит студентам Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С. М. Кирова уверенно смотреть в будущее, изучив инструментарий современных информационных технологий, реализовывать знания по высшей математике, физике и экономической теории.

### **Библиографический список**

1. Реализация информационно-аналитических моделей инновационных фармацевтических процессов: сетевое планирование и управление: монография / Т.К. Екшикеев. – М. : Издательство КНОРУС, 2019. – 252 с.
2. Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Д.С. Набатова. – М. : Издательство Юрайт, 2017. – 292 с.
3. Математика для менеджеров и экономистов: учебник / В.А. Абачук. – СПб.: Издательство Михайлова, 2002. – 525 с.

4. Экономическая теория / Екшикеев Т.К. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2020. – Текст : электронный // ЭБС «Консультант студента» : [сайт]. – URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/06-COS-2439.html> (дата обращения: 04.02.2020). - Режим доступа : по подписке.

**А.М. Заяц**, кандидат технических наук, профессор  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПб ГЛТУ им. С.М.Кирова  
zamfta@yandex.ru

**Т.И. Игнатьева**, бакалавр ИЛиП  
СПб ГЛТУ им. С.М.Кирова  
ignatyvat@mail.ru

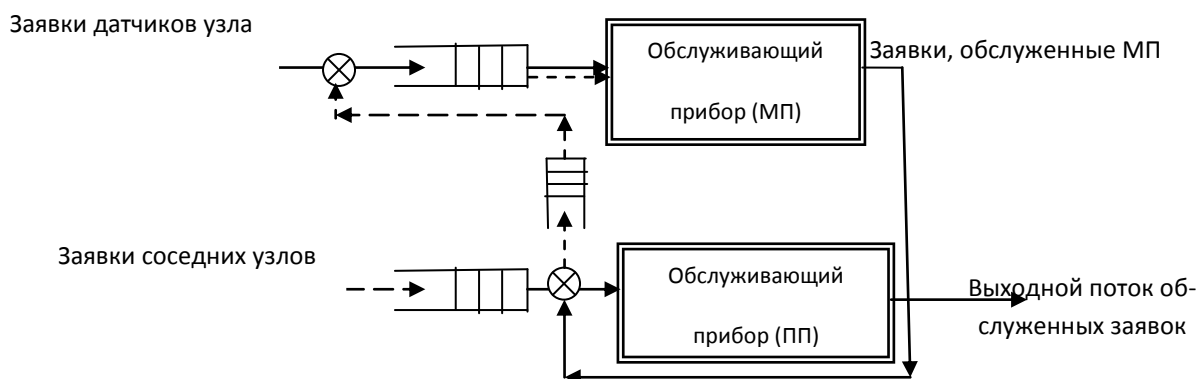
## **АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ**

Продолжая решение задачи исследования модели функционирования беспроводных сенсорных сетей [1,2] следует отметить, что необходимым этапом здесь, является разработка алгоритма определения показателей эффективности БСС, с последующим получением их численных значений и анализом поведения сети в различных ситуациях.

В работе [3], представлена модель узла и беспроводной сенсорной сети как системы массового обслуживания, в которой формируются заявки на обслуживание пакетов данных циркулирующих в сети (см. рис.1):

- пакеты, от датчиков узлов поступающие через АЦП – входной интерфейс на обслуживание в микропроцессоры;
- пакеты, поступающие от других узлов сети для ретрансляции;
- пакеты, прошедшие обслуживание в микропроцессоре узла;
- выходной поток пакетов с узлов на шлюз.

Обслуживающими приборами в модели являются микропроцессоры (МП) и приемопередатчики (ПП) узлов. Ввиду наличия в составе МП памяти в модели возможны очереди заявок. Под обслуживанием заявок понимается процесс параллельно-последовательной их обработки обслуживающими приборами.



**Рис.1** Модель узла как система массового обслуживания.

Беспроводная сенсорная сеть является многоканальной, многофазной системой массового обслуживания. Решение задачи исследования таких систем, особенно с использованием варьирования параметра  $N$  (число узлов БСС), приводит к необходимости получения формальных выражений моделирующих функционирование многоканальной  $G$  – фазной СМО в общем виде. Для этого необходимо построить алгоритм, автоматизирующий процесс определения показателей эффективности функционирования БСС, при числе фаз  $G$  и различном количестве  $N$  узлов в модели сети. Эту задачу будем решать в следующей последовательности:

1. Получить аналитическое выражение для определения количества состояний исследуемого процесса.
2. Разработать порядок нумерации состояний в модели.
3. Вывести выражение, связывающее пространственные координаты состояний с их номерами.
4. Разработать методику оценки эффективности функционирования БСС.
5. Разработать алгоритм для определения стационарных вероятностей и получения численных значений показателей эффективности функционирования БСС.

### **Получение выражения для определения количества состояний исследуемого процесса**

Для оценки количество  $E$  возможных состояний рассмотренного процесса, граф переходов которого представлен на рисунке 2, разобьем множество  $E = \{e_\xi\}_{\xi=1}^E$  состояний на  $N+1$  непересекающихся подмножеств.

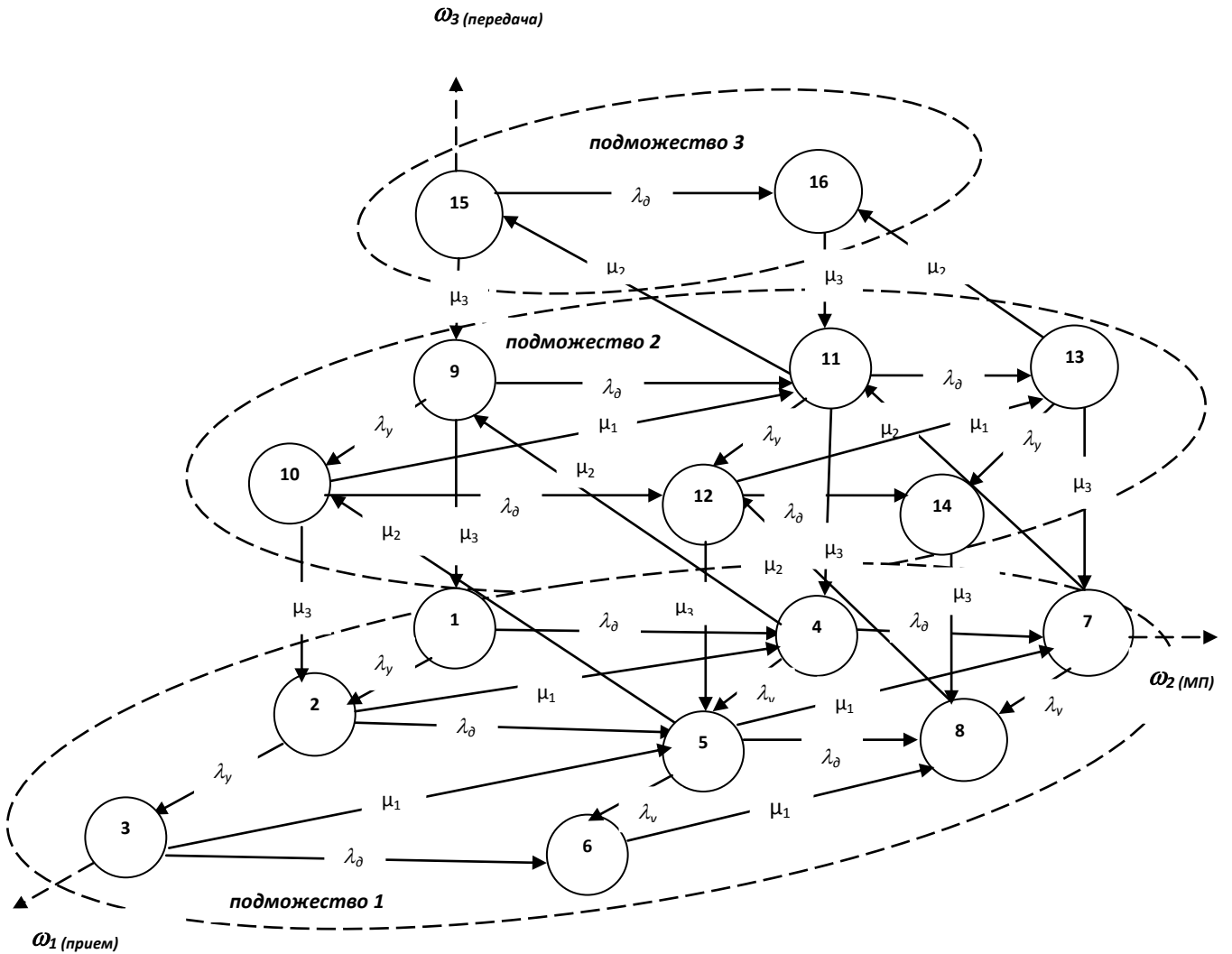


Рис. 2. Граф состояний модели с выделенными подмножествами

В каждое  $\bar{E}_j$  подмножество будем включать только те состояния, в которых количество занятых ПП на передачу одинаково и определяется номером  $j$ -го подмножества, т.е. для  $\forall \bar{E}_j \subset E$  должно выполняться следующее условие

$$\omega_{3\xi} = j, \forall e_\xi \in \bar{E}_j \quad (1)$$

Остальные компоненты  $\omega_1$  и  $\omega_2$  вектора занятости  $\bar{\omega}_\xi$  могут принимать значения в пределах  $[0, N]$ . Учитывая, что количество  $\rho$  одновременно занятых приемопередатчиков при нахождении процесса в любом из  $\bar{E}_j$  подмножеств может быть в пределах  $0 \leq \rho \leq N$ , то для определения  $\Xi$  используем формулу для нахождения количества способов, с помощью которых число  $\rho$  можно представить в виде суммы  $q$  положительных чисел. Тогда количество  $\Xi_j$  состояний в каждом  $\bar{E}_j$  подмножестве определяется по формуле

$$\Xi = \sum_{\rho=0}^N \frac{(q+\rho-1)!}{\rho!(q-1)!} \quad (2)$$



Для общности рассуждений будем считать, что  $0! = 1$ .

В рассматриваемой модели при любых  $N$  число  $q$  всегда равно двум по числу узлов, а приемопередатчик может быть занят и приемом, и передачей.

Следует учитывать, что состояния, в которых компоненты вектора  $\omega_\xi$  принимают значения **022**, **220** не включаются в модель, так как в первом из них все приемопередатчики заняты приемом, а во втором передачей, то есть состояния характеризуемые векторами  $(0, N, N)$  и  $(N, N, 0)$  в модели не допустимы. Выход из этих состояний невозможен по ранее введенным ограничениям и это не соответствует требованиям марковских процессов.

Так как количество подмножеств  $\bar{E}_j$  равно  $N+1$ , где  $N$  - количество узлов, тогда число  $\bar{E}$  возможных состояний процесса можно определить из выражения

$$\bar{E} = \left[ (N + 1) \sum_{\rho=0}^N \frac{(q + \rho - 1)!}{\rho! (q-1)!} \right] - 2. \quad (3)$$

Таким образом, выражение (3) позволяет по заданным структурным параметрам ( $G$  и  $N$ ) БСС определить количество состояний, моделируемого процесса.

### **Разработка порядка нумерации состояний в модели.**

При разработке порядка нумерации состояний в модели последовательность нумерации  $\xi(\omega_1, \omega_2, \omega_3)$  состояний  $e_\xi \in E$  будем задавать следующим образом: состоянию, в котором все приемопередатчики и микропроцессоры не заняты обслуживанием, т.е. компоненты вектора  $\bar{\omega}$  соответственно равны  $\omega_1 = 0$ ,  $\omega_2 = 0$ ,  $\omega_3 = 0$  присваивается номер 1; затем номер состояния увеличивается на единицу при возрастании компонента  $\omega_1$ . После того как компонент  $\omega_1$  будет равен  $N$ , увеличивается на единицу компонент  $\omega_2$  и опять производится последовательный перебор значений  $\omega_1$  в порядке возрастания в интервале  $[0, N]$ .

По окончании перебора значений  $\omega_2$  в интервале  $[0, N]$  увеличивается на единицу компонент  $\omega_3$  и производится перебор значений компонент  $\omega_1$  и  $\omega_2$  в интервалах  $[0, N-1]$  и  $[0, N]$  согласно последовательности, рассмотренной выше.

Все состояния в модели будут пронумерованы, когда будет закончен последовательный перебор значений,  $\omega_3$  в интервале  $[0, N]$ ,  $\omega_2$  в интервале  $[0, N]$  и компонент  $\omega_1$  будет равен нулю.

### **Вывод выражения, связывающие пространственные координаты состояний с их номерами.**

Рассмотренный порядок нумерации позволяет определить номер  $\xi(\omega_1, \omega_2, \omega_3)$  произвольного состояния  $e_\xi \in E$ , задаваемого вектором  $\bar{\omega}_\xi = (\omega_{1\xi}, \omega_{2\xi}, \omega_{3\xi})$  с помощью следующих эмпирических формул:

$$\xi(\omega_1, \omega_2, \omega_3) = \omega_1 + \omega_2(N - \omega_3 + 1) + 1 \text{ при } \omega_3 = 0 \quad (4)$$

$$\xi(\omega_1, \omega_2, \omega_3) = \omega_1 + \omega_2(N - \omega_3 + 1) + (N + 1) \sum_{i=0}^{\omega_3-1} (N - i + 1) \quad (5)$$

для  $\omega_3$  в интервале  $[1, N]$  и  $\omega_2, \omega_1$  в интервале  $[0, N]$ .

Полученные соотношения (3,4,5) позволяют по известным структурным характеристикам БСС и параметрам, характеризующих СМО, определить количество состояний процесса обслуживания заявок. Разработанный порядок нумерации состояний устанавливает взаимно-однозначное соответствие между пространственными координатами  $\{\omega_1, \omega_2, \omega_3\}$  состояний и их порядковыми номерами.

### **Разработка методики оценки эффективности функционирования беспроводной сенсорной сети**

Задача определения численных значений показателей эффективности сводится к исследованию характеристик вложений марковской цепи, содержащей в описанном выше процессе.

Рассмотренный процесс содержит в себе эргодическую марковскую цепь, так как все состояния процесса являются сообщающимися. Для таких цепей при  $t \rightarrow \infty$  существует стационарное распределение безусловных вероятностей  $\pi_\xi$  нахождения процесса в  $e_\xi$  состоянии,  $\xi = \overline{1, E}$ .

Знание стационарных вероятностей позволяет вычислить значение показателей эффективности БСС с учетом влияния ее структурных характеристик и параметров потока сообщений, поступающих на обработку.

Методика их определения заключается в следующем:

- определяются значения стационарных вероятностей пребывания процесса во всех  $e_\xi \in E$ ,  $\xi = \overline{1, E}$  состояний;
- из множества  $E = \{e_\xi\}_{\xi=\bar{e}}$  состояний выделяются подмножества, в которые входят состояния позволяющие определить те или иные показатели;
- определяется среднее время пребывания процесса в выделенных подмножествах;
- определяется количество переходов из выделенных состояний в интересующие состояния за время  $t$ ;
- вычисляются значения показателей эффективности и другие характеристики процесса обработки сообщений.

## Разработка алгоритма для определения стационарных вероятностей и получения значений показателей эффективности функционирования БСС

Универсальность алгоритма определяется его способностью охватить сложные системы произвольной структуры. Как показано выше одним из способов формального описания БСС является представление ее многофазной, многоканальной системой массового обслуживания.

Трудоемкость построения алгоритма для оценки показателей процесса функционирования БСС возрастает с увеличением количества  $N$  узлов, входящих в ее состав и варьированием в широком диапазоне значений параметров, характеризующих процесс обработки и потоки заявок. Радикальным способом снижения трудоемкости при увеличении сложности моделируемых БСС является автоматизация процедур, используемых при построении и реализации моделей.

Основываясь на формальном представлении процесса функционирования БСС, рассмотрим совокупность процедур, используемых для построения алгоритма.

Укрупненная структурная схема алгоритма приведена на рисунке 3.

Процедура 1. Вычисление количества  $\Xi$  возможных состояний процесса по заданным структурным характеристикам БСС.

Процедура 2. Вычисление количественных значений средних времен  $\bar{t}_\xi$  пребывания процесса в  $e_\xi$ ,  $\xi = \overline{1, \Xi}$  состояниях и формирование матрицы  $\|P\|$  переходных вероятностей.

Процедура 3. Решение системы алгебраических уравнений для определения стационарных вероятностей  $\{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_\xi, \dots, \pi_\Xi\}$  пребывания процесса в  $e_\xi$ ,  $\xi = \overline{1, \Xi}$  состояниях.

Процедура 4. Вычисление количественных значений показателей эффективности функционирования БСС и характеристик процесса обслуживания заявок в СМО.

Рассмотрим содержание приведенных выше процедур.

Целью процедуры 1 (символы 2,3) является определение в каждом цикле реализации алгоритма, количества  $\Xi$  возможных состояний моделируемого процесса по заданным структурным характеристикам БСС. Вычисление  $\Xi$  производится по формуле (3).

Основным содержанием процедуры 2 (символы с 4 по 11) является формированием элементов матрицы  $\|P\|$  вероятностей возможных переходов.

Вероятности  $P_{\xi\varphi}$  перехода из  $e_\xi$  в любое состояние  $e_\varphi$  и средние времена  $\bar{t}_\xi$  пребывания процесса в состоянии  $(\xi, \varphi \in \Xi)$  однозначно определяются координатами  $(\omega_1, \omega_2, \omega_3)$  состояний моделируемого процесса. Поэтому для формирования элементов матрицы  $\|P\|$  используются выражения (6)

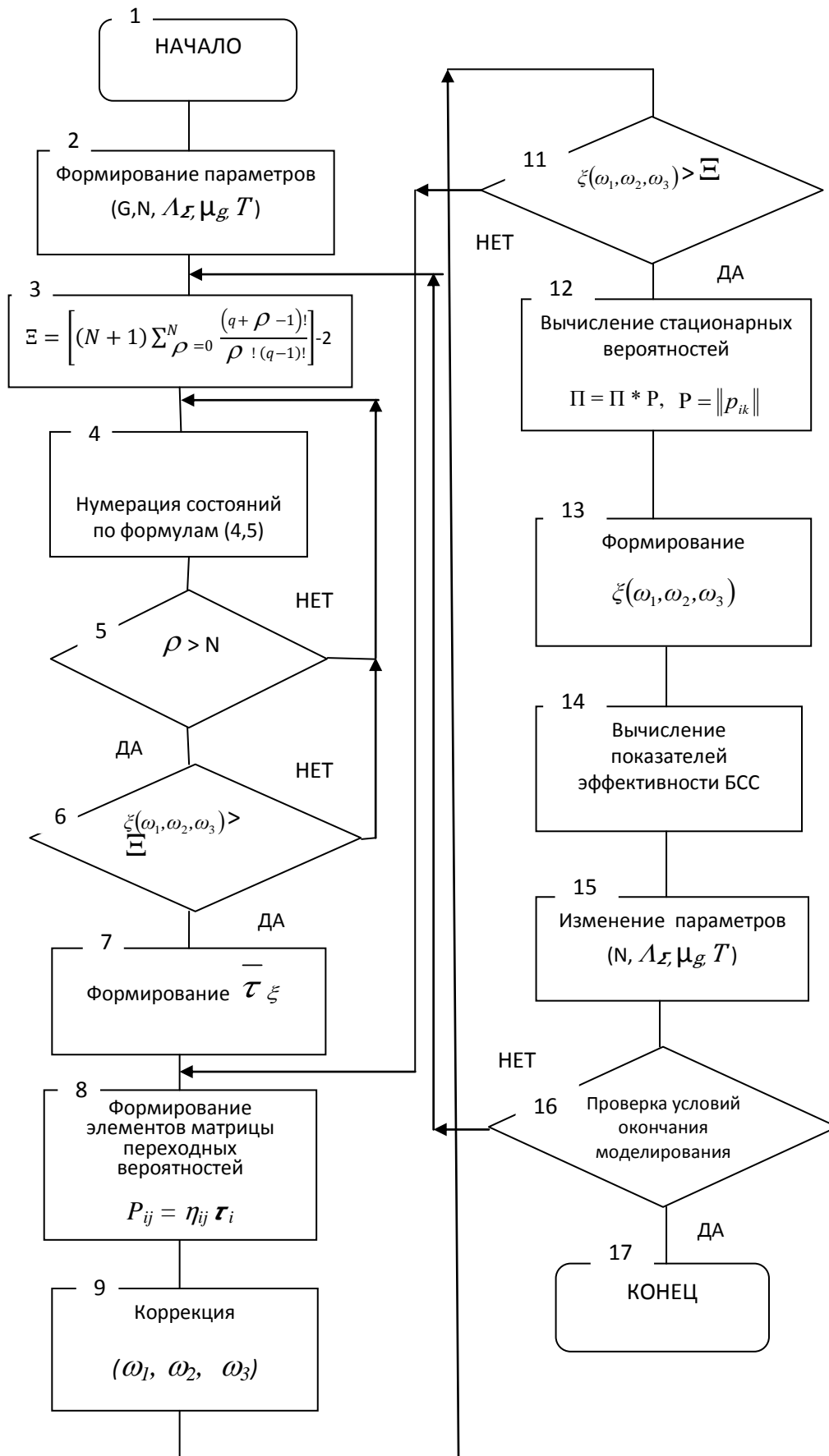


Рис.3 Укрупненная структурная схема алгоритма

$$P_{\xi}(\omega_1, \omega_2, \omega_3), \varphi(\omega_1, \omega_2+1, \omega_3) = \lambda_0 \tau_{\xi}(\omega_1, \omega_2, \omega_3),$$

$$\begin{aligned}
P_{\xi}^{\xi}(\omega_1, \omega_2, \omega_3), \varphi(\omega_{1+1}, \omega_2, \omega_3) &= \lambda_y \mathbf{r}_{\xi}^{\xi}(\omega_1, \omega_2, \omega_3), \\
P_{\xi}^{\xi}(\omega_1, \omega_2, \omega_3), \varphi(\omega_{1-1}, \omega_{2+1}, \omega_3) &= \omega_{1\xi} \mu_{1\xi} \mathbf{r}_{\xi}^{\xi}(\omega_1, \omega_2, \omega_3), \\
P_{\xi}^{\xi}(\omega_1, \omega_2, \omega_3), \varphi(\omega_1, \omega_{2-1}, \omega_{3+1}) &= \omega_{2\xi} \mu_{2\xi} \mathbf{r}_{\xi}^{\xi}(\omega_1, \omega_2, \omega_3), \\
P_{\xi}^{\xi}(\omega_1, \omega_2, \omega_3), \varphi(\omega_1, \omega_2, \omega_{3-1}) &= \omega_{3\xi} \mathbf{r}_{\xi}^{\xi}(\omega_1, \omega_2, \omega_3).
\end{aligned} \tag{6}$$

определяется номер  $\xi$  и вычисляется среднее время  $\bar{t}_{\xi}$  пребывания процесса в  $e_{\xi}$  состоянии (символы 4-7).

Затем с учетом выражения (6) определяется направление возможного перехода и номер соседнего состояния  $e_{\varphi}$  и производится вычисление соответствующей вероятности  $P_{\xi\varphi}$  (символ 8).

Реализация процедуры 2 заканчивается после выполнения условия  $\xi(\omega_1, \omega_2, \omega_3) > \Xi$  (символ 11), т.е. после вычисления значений всех элементов матрицы  $\|P\|$ .

Целью процедуры 3 является вычисление стационарного распределения  $\Pi = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_{\xi}, \dots, \pi_{\Xi}\}$  вероятностей пребывания процесса в  $e_{\xi}$  состояниях (символ 12).

Указанное распределение является неотрицательным решением системы алгебраических уравнений

$$\begin{cases} \eta_{\xi} \pi_{\xi} = \sum_{\varphi \neq \xi} \eta_{\varphi\xi} \pi_{\varphi}, \quad \forall_{\xi} \in \Xi \\ \sum_{\xi \in \Xi} \pi_{\xi} = 1 \end{cases} \tag{7}$$

где  $\eta_{\xi} = \sum_{\varphi \neq \xi} \eta_{\xi\varphi}$  - сумма интенсивностей перехода из  $e_{\xi}$  во все соседние

состояния  $e_{\varphi}$  и  $\eta_{\varphi\xi}$  - интенсивность перехода из  $e_{\varphi}$  в  $e_{\xi}$  состояние.

Решением системы уравнений (7) заканчивается процесс определения вероятностных характеристик в рассматриваемой модели.

Последним этапом (процедура 4) является вычисление значений показателей эффективности БСС (символы 13-15).

Реализация моделирующего алгоритма заканчивается после перебора всех значений параметров, ( $N, \lambda_{\xi}, \mu_{\xi}$ ) характеризующих структуру БСС и процесс обслуживания заявок в СМО (символы 16,17).

### Библиографический список

1. Заяц А.М., Хабаров С.П. Построение моделей беспроводных сетей с учетом энергопотребления и мобильности ее узлов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 232. С. 252–264. DOI: 10.21266/2079-4304.2020.232.252-264
2. Заяц А.М., Игнатъева Т.И. Математическая модель функционирования беспроводной сенсорной сети. //Сборник научных трудов «Информационные системы и технологии: теория и практика» - СПб.: СПбГЛТУ, 2019.– с.3-10.

3. Игнатьева Т.И., Заяц А.М. Модельное представление узлов беспроводной сенсорной сети //Актуальные вопросы в лесном хозяйстве: материалы IV междунар. науч.- практ. конф. молодых ученых, 11–12 ноября 2020 г. – СПб. : Изд-во «СИНЭЛ», 2020. С – 134-138

**С. С. Колмогорова**, кандидат технических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им. С. М. Кирова  
ss.kolmogorova@mail.ru

**С.В. Бирюков**, доктор технических наук, профессор  
кафедра физики  
ОмГТУ, г. Омск  
sbiryukov154@mail.ru

## **УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ ВЛИЯНИЯ РАЗНОСТИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПРИКЛАДНЫХ УС- ЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕНСОРОВ**

### **Введение**

Влияние электрических полей на технические и биологические объект, в частности на человеческий организм, подтверждает ряд исследований [1,2,3,4]. Из этих исследований следует, что особенно вредное воздействие биологический организм оказывают сильные электрические поля высоковольтного оборудования, такого как линии электропередач и подстанции от 330 кВ и выше.

Под действием электрического поля в человеческом организме происходят необратимые изменения, приводящие к профессиональным заболеваниям. Кроме этого электрические поля приводят к накоплению электрических зарядов на одежде и теле человека, разряд которых приводит к удару током. Данные факторы несут угрозу безопасности труда. В связи с этим, междугородными организациями по безопасности были разработаны стандарты и рекомендации в отношении допустимых норм электрического поля для персонала [5,6,7,8]. В ряде случаев выполнение регламентированных технологических операций на высоковольтном оборудовании невозможно без приближения к нему обслуживающего персонала. Наличие защитных приборов, способных в реальном масштабе времени сигнализировать о критичных параметрах электрического поля и быть достаточно компактным, может обеспечить дополнительную защиту обслуживающего персонала на рабочем месте

Поэтому на этапе проектирования сенсоров электрического поля необходимо учитывать прикладные условия, в которых будут эксплуатироваться разрабатываемые приборы и формировать характеристики приборов под конкретные области применения.

Существуют средства измерения электрического поля, занесенные в Государственный реестр РФ [9] и внесенные в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений РФ, ряд импортных приборы, такие как серии Narda, РММ, СА, а также новые разработки на патентном уровне.

Несмотря на большое количество технических решений измерителей искажений электрического поля, большинство предназначено для исследования характеристик полей в воздушной среде [10] или в полях с диэлектрическим барьером [11]. Только малая часть сенсоров с предназначены для использования в различных средах [12] (в том числе морской [13]), однако пояснения корректной работе связанной с внешней средой эксплуатации и корпуса сенсора не представлены. В [14] приведены измерения в средах с диэлектрической проницаемостью не равной единице, однако есть лишь упоминание о необходимости учитывать эту разницу. В процессе разработки сенсор электрического поля на котором расположены чувствительные элементы, приравнивают к воздушной среде или даже вакууму, что в реальных условиях эксплуатации создать практически невозможно.

Универсальный датчик электрического поля должен соответствовать ряду требований к характеристикам: предполагается учет влияющих на сенсор параметров: источник электрического поля, конструктивные особенности, методика измерения, условия эксплуатации и др.; определение зависимости диэлектрической проницаемости корпуса датчика от измеряемой среды, а так же влияние зависимости на результат измерения.

## Материалы и методы

Рассмотрим конструкцию датчика с электродами в форме полых сферических сегментов (рис. 1) для которых были рассчитаны его основные параметры при условии, что диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_1$  его корпуса практически не отличается от диэлектрической проницаемости  $\epsilon_2$  окружающей среды. Рассчитаем электрические заряды, индуцированные на чувствительных электродах сенсора внешним однородным полем. Величины этих зарядов, в общем случае, определяются из выражения [15]:

$$Q = \iint_{dS} \sigma dS \quad (1)$$

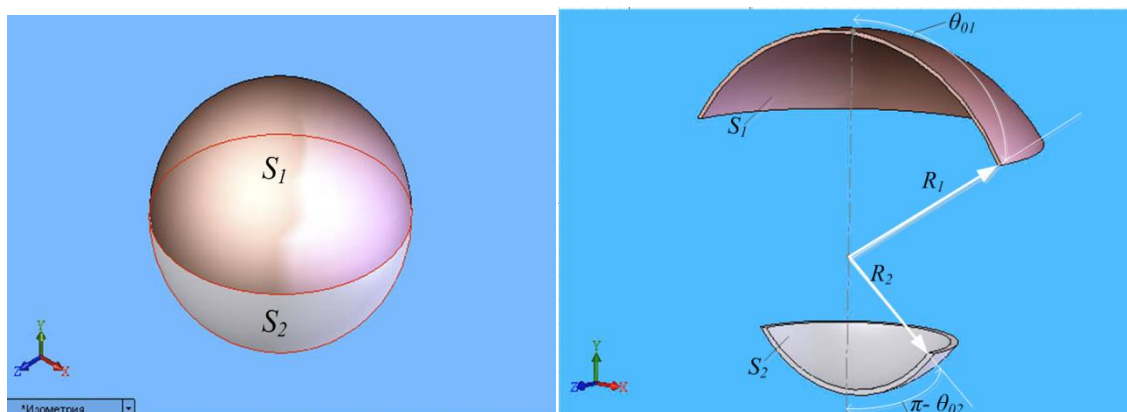
Под действием электрического поля на диаметрально противоположных чувствительных электродах  $S_{11}$  и  $S_{22}$ , индуцируются противоположные по знаку электрические заряды [16]. Принимая во внимание базовые математические закономерности [17], получим формулы для зарядов при дифференциальном включении чувствительных электродов  $Q_1$  и  $Q_2$ :

$$Q_1 = 4\pi\epsilon_0 a \int_0^{\theta_{01}} f_1(t) \cos \frac{t}{2} dt \quad (2)$$

$$Q_2 = 4\pi\epsilon_0 b \int_{\theta_{02}}^{\pi} f_2(t) \sin \frac{t}{2} dt \quad (3)$$

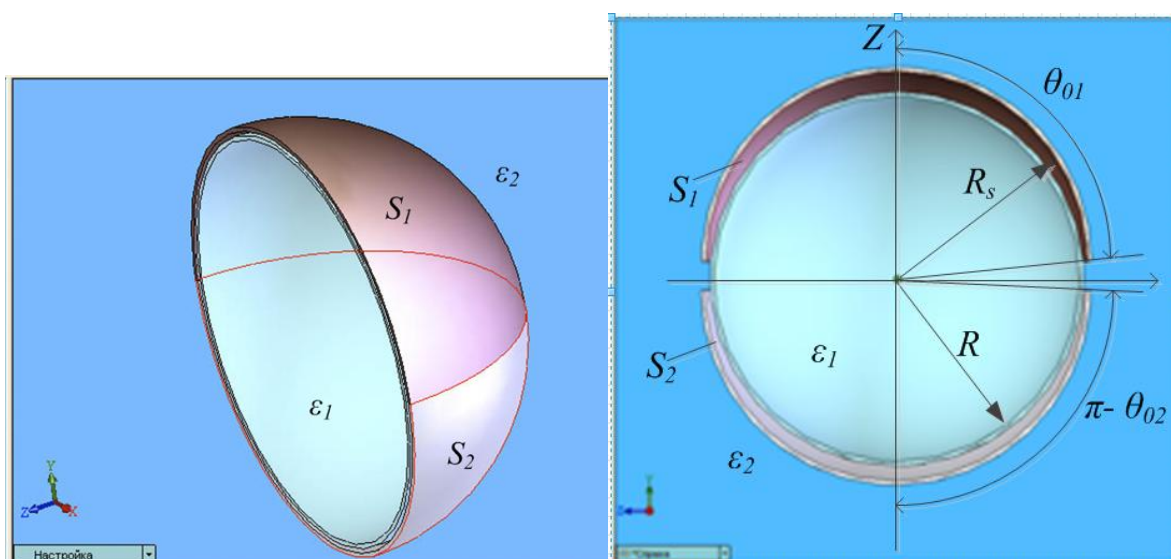
где  $r=R_1$  – радиус первого электрода,  $r=R_2$  – радиус второго электрода в системе парных электродов,  $f_1(t)$  и  $f_2(t)$  – парные интегральные уравнения,

которые получаем с учетом граничных условий Дирихле, а также при решении краевых задач.



**Рис.1** Электродная система из двух полых сферических сегментов  $S_1$  и  $S_2$ : а). модель сенсора электромагнитного поля выполненного в изометрии б). вариативное отображения электродов разного углового размера  $\theta_{01}$  и  $\theta_{02}$

Пусть дано два полых диаметрально расположенных относительно диэлектрической сферы радиуса  $R$  сферических сегмента радиуса  $R_s$ , играющая роль чувствительных электродов сенсора. Диэлектрическая сфера, являющаяся основанием сенсора, выполнена из материала с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_1$  (рис.2). Пусть чувствительные электроды сенсора отстоят от поверхности диэлектрического основания на бесконечно малое расстояние, а пространство между чувствительными электродами и основанием заполнено диэлектриком, имеющим диэлектрическую проницаемость  $\epsilon_2$ , равную диэлектрической проницаемости окружающей среды.



**Рис. 2** Сенсор напряженности электрического поля: а) сенсор с его геометрическими и электрическими параметрами; б) один из чувствительных электродов сенсора.



Сформулируем краевую задачу:

$$\Delta\varphi = 0: \quad \varphi|_{S_1} = \varphi_{01}, \varphi|_{S_2} = \varphi_{02}, \varepsilon_1 \frac{\partial\varphi}{\partial n}\Big|_{r=a} = \varepsilon_2 \frac{\partial\varphi}{\partial n}\Big|_{r=a} \quad (4)$$

Пусть искомый потенциал  $\varphi$  в виде суммы:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 \quad (5)$$

Потенциал  $\varphi_1$  должен удовлетворять уравнению Лапласа всюду, за исключением поверхности  $S_1$  первого электрода. Аналогично, потенциал  $\varphi_2$  должен удовлетворять уравнению Лапласа всюду, за исключением поверхности сегмента  $S_2$ . Разобьем область решения задачи на три подобласти: 1)  $0 \leq r \leq R$ , 2)  $0 \leq r \leq R_S$ , 3)  $R_S \leq r \leq \infty$ . Введем сферическую систему координат с началом в центре диэлектрической сферы. В области 1 решение будет в виде:

$$\varphi_1 = \sum_{n=0}^{\infty} A_1 \left(\frac{r}{R}\right)^n P_n(\cos\theta) \quad (6)$$

$$\varphi_2 = \sum_{n=0}^{\infty} B_1 \left(\frac{r}{R}\right)^n P_n(\cos\theta)$$

В области 2:

$$\varphi_1 = \sum_{n=0}^{\infty} \left[ A_2 \left(\frac{r}{R}\right)^n + A_3 \left(\frac{R_S}{r}\right)^{n+1} \right] P_n(\cos\theta) \quad (7)$$

$$\varphi_2 = \sum_{n=0}^{\infty} B_1 \left(\frac{r}{R}\right)^n P_n(\cos\theta)$$

В области 3:

$$\varphi_1 = \sum_{n=0}^{\infty} A_4 \left(\frac{R_S}{r}\right)^{n+1} P_n(\cos\theta) \quad (8)$$

$$\varphi_2 = \sum_{n=0}^{\infty} B_4 \left(\frac{R_S}{r}\right)^{n+1} P_n(\cos\theta)$$

Коэффициенты  $A_1, A_2, A_3, A_4, B_1, B_2, B_3, B_4$  неизвестны. Обозначим  $p = \frac{R}{R_S}$ . Учтем требование к непрерывности потенциала при  $r = R$  и  $r = R_S$

Получим следующие связи между неизвестными коэффициентами:

$$\begin{cases} A_1 = A_2 + A_3 p^{-(n+1)} \\ A_4 = A_2 p^{-n} + A_3 \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} B_1 = B_2 + B_3 p^{-(n+1)} \\ B_4 = B_2 p^{-n} + B_3 \end{cases} \quad (10)$$

Согласно граничным условиям (4) приводят к следующим соотношениям между искомыми коэффициентами:

$$\begin{aligned} \alpha n A_1 - n A_2 + (n+1) A_3 p^{-(n+1)} &= 0 \\ (\alpha - 1) n A_2 + (\beta n + n + 1) A_3 p^{-(n+1)} &= 0 \end{aligned}$$

Откуда получаем:

$$A_3 = A_2 \frac{n(1-\alpha)p^{(n+1)}}{\alpha n + n + 1} \quad (11)$$

$$B_3 = B_2 \frac{n(1-\alpha)p^{(n+1)}}{\alpha n + n + 1} \quad (12)$$

где обозначили  $\alpha = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$

Для решения введем постановки:

$$C_n = A_2 p^{-n} \text{ и } D_n = B_2 p^{-n} \quad (13)$$

Рассматривая сферу  $r = R_S$  и при обязательности непрерывности производных при условии нахождения вне сферы  $S_I$ , дает следующие уравнения:

$$\sum_{n=0}^{\infty} C_n \left(n + \frac{1}{2}\right) P_n(\cos \theta) = 0, \quad \theta_{01} \leq \theta \leq \pi \quad (14)$$

Аналогичное условие непрерывности при  $r = R$  и  $0 \leq \theta \leq \theta_{01}$  приводит к соотношению

$$\sum_{n=0}^{\infty} D_n \left(n + \frac{1}{2}\right) P_n(\cos \theta) = 0 \quad (15)$$

Учитывая (11), (12), (7) и границы (4) и условие (5) получим уравнения в парных рядах

$$\sum_{n=0}^{\infty} [1 - g_n] (C_n + D_n) P_n(\cos \theta) = \varphi_{01}, \quad 0 \leq \theta \leq \theta_{01} \quad (16)$$

$$\sum_{n=0}^{\infty} [1 - g_n] (C_n + D_n) P_n(\cos \theta) = \varphi_{02}, \quad \theta_{02} \leq \theta \leq \pi \quad (17)$$

где  $g_n = \frac{n(\alpha-1)}{n(\alpha+1)+1} p^{2n+1}$

Уравнения 14, 15, 16, 17 образуют изначальную систему уравнений, которые образуются в парных рядах при этом в стандартной форме. Нужно отметить, что такая система может быть получена и другим способом. А именно:

$$\varphi_1 = \begin{cases} \sum_{n=0}^{\infty} A_n \left(\frac{r}{R}\right)^n P_n(\cos \theta), & r \leq R \\ \sum_{n=0}^{\infty} A_n \left(\frac{R}{r}\right)^{n+1} P_n(\cos \theta), & r \geq R \end{cases} \quad (18)$$

$$\varphi_2 = \begin{cases} \sum_{n=0}^{\infty} B_n \left(\frac{r}{R_S}\right)^n P_n(\cos \theta), & r \leq R_S \\ \sum_{n=0}^{\infty} B_n \left(\frac{R_S}{r}\right)^{n+1} P_n(\cos \theta), & r \geq R_S \end{cases} \quad (19)$$

При переходе через сферу  $r = R$  следующая связь коэффициентов:

$$A_n = B_n p^n n \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1 n + \varepsilon_2 (n+1)} \quad (20)$$

Подставив (18), (19) в краевые условия (4) и используя (20), придем к системам (14), (15), (16), (17). Сведем с (14) по (17) к искомой системе интегральных уравнений. Представим искомые коэффициенты  $C_n$  и  $D_n$  в форме:

$$C_n = \int_0^{\theta_{01}} f_1(t) \cos\left(n + \frac{1}{2}\right) t dt \quad (21)$$

$$D_n = \int_{\theta_{02}}^{\pi} f_2(t) \sin\left(n + \frac{1}{2}\right) t dt \quad (22)$$

При таком представлении уравнения (14) и (15) удовлетворяются. Тождественно. При умножении обе части (16) на  $(2(\cos x - \cos \theta))^{-\frac{1}{2}} \sin \theta d\theta$ , проинтегрируем по  $\theta$  от 0 до  $x$  и продифференцируем по  $x$ . В итоге получим:

$$\sum_{n=0}^{\infty} (1 - g_n) (C_n + D_n) \cos\left(n + \frac{1}{2}\right) x = \varphi_{01} \cos \frac{x}{2} \quad (23)$$

Аналогично (20) умножим  $(2(\cos \theta - \cos x))^{-\frac{1}{2}} \sin \theta d\theta$ , проинтегрируем по  $\theta$  от  $x$  до  $\pi$ , продифференцируем по  $x$ :

$$\sum_{n=0}^{\infty} (1 - g_n) (C_n + D_n) \sin\left(n + \frac{1}{2}\right) x = \varphi_{02} \sin \frac{x}{2} \quad (24)$$

Подставим (21), (22) в уравнения (23) и (24). Поменяв порядок интегрирования и суммирования в (23).

$$\sum_{n=0}^{\infty} \int_0^{\theta_{01}} f_1(x) \cos\left(n + \frac{1}{2}\right) t \cos\left(n + \frac{1}{2}\right) x dt = \int_0^{\theta_{01}} f_1(x) \left( \sum_{n=0}^{\infty} \cos\left(n - \frac{1}{2}\right) t \cos\left(n + \frac{1}{2}\right) x \right) dt = \pi \varphi_{01} \cos \frac{x}{2} \quad (25)$$

В силу ортогональности произведения вида (23) тождественно нулю:

$$\sum_{n=0}^{\infty} \cos\left(n + \frac{1}{2}\right) t \sin\left(n + \frac{1}{2}\right) x = 0 \quad (26)$$

Остальные образуют ядра интегрального уравнения.

Представим интегральные уравнение для первого и второго чувствительных электродов в следующем виде [16]:

Для первого электрода

$$\begin{aligned} & f_1(x) - \frac{1}{\pi} \int_0^{\theta_{01}} f_1(t) [K_{11}(t+x) + K_{11}(t-x)] dt + \\ & + \frac{1}{2\pi} \int_{\theta_{02}}^{\pi} f_2(t) \left[ \sec\left(\frac{t+x}{2}\right) + \sec\left(\frac{t-x}{2}\right) \right] dt - \\ & - \frac{1}{\pi} \int_{\theta_{02}}^{\pi} f_2(t) [K_{12}(t+x) + K_{12}(t-x)] dt = \frac{2}{\pi} \varphi_{01} \cos \frac{x}{2}, \end{aligned} \quad (27)$$

$$0 \leq x \leq \theta_{01}$$

Для второго электрода

$$\begin{aligned} & f_2(x) - \frac{1}{\pi} \int_{\theta_{02}}^{\pi} f_2(t) [K_{22}(t-x) - K_{22}(t+x)] dt + \\ & + \frac{1}{2\pi} \int_0^{\theta_{01}} f_1(t) \left[ \sec\left(\frac{t+x}{2}\right) - \sec\left(\frac{t-x}{2}\right) \right] dt - \\ & - \frac{1}{\pi} \int_0^{\theta_{01}} f_1(t) [K_{21}(t+x) - K_{21}(t-x)] dt = \frac{2}{\pi} \varphi_{02} \sin \frac{x}{2}, \end{aligned} \quad (28)$$

$$\theta_{02} \leq x \leq \pi$$

Ядро интегральных уравнений (2) и (3)  $K_{ik}(t \pm x)_{i=1,2; k=1,2}$ :

$$K_{ik}(t \pm x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{n(\alpha-1)}{n(\alpha+1)+1} p^{2n+1} \cos\left(n + \frac{1}{2}\right) (t \pm x), \quad (29)$$

Для уточнения значений потенциалов  $\varphi_{01}$  и  $\varphi_{02}$ , определим межэлектродную емкость, используя краевую задачу. Ее необходимо решить дважды, полагая: 1)  $\varphi_{01} = 1$  и  $\varphi_{02} = 0$  и 2)  $\varphi_{01} = 0$  и  $\varphi_{02} = 1$ .

Для определения напряжения между электродами необходимо предварительно вычислить заряды, индуцируемые на заземленных электродах датчика внешним полем  $E_0$ . Граничные условия на поверхности электро-

дов представим в форме:  $\varphi = -(E_0 z + \varphi')$ , где  $\varphi'$ -потенциал диэлектрической сферы в однородном поле. Воспользовавшись значением взятым из [18], получим искомые краевые условия, учитывающие отличие диэлектрической проницаемости условий эксплуатации:

$$\frac{2}{\pi} \cos \frac{3}{2} x \left( 1 - \frac{p^3(1-\alpha)}{\alpha+2} \right) \quad (30)$$

$$\frac{2}{\pi} \sin \frac{3}{2} x \left( 1 - \frac{p^3(1-\alpha)}{\alpha+2} \right) \quad (31)$$

## Результаты

Теоретические положения, изложенные в статье, позволили построить в математическом редакторе MathCAD математическую модель, учитывающую как параметры взаимодействия с электрическим полем, так и диэлектрические проницаемости среды и основания сенсора. Построить математическую модель позволила удачно полученная система уравнений (24) и (25), учитывающая соотношения диэлектрических проницаемостей  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  в виде коэффициента  $\alpha$  и геометрические параметры сенсора. С использованием построенной математической модели удалось получить графические зависимости как от нормируемого значения энергии в единице объема сенсора от угловых размеров  $\theta_{01}$  и  $\theta_{02}$  его чувствительных электродов, так и от различных соотношений диэлектрических проницаемостей основания сенсора и окружающей среды. На графиках (рис.3) этих зависимостей наблюдаются максимумы. Из графиков установлено, что энергия в единице объема сенсора максимальна при угловых размерах чувствительных электродов  $45^\circ < \theta_1 < 62^\circ$ . А наибольшая из энергий наблюдается при коэффициенте  $\alpha = 1$ , соответствующим равенству диэлектрических проницаемостей основания сенсора и окружающей его среды. При наибольшей энергии сенсор имеет минимальную погрешность, не превышающую 0,1 % и максимальную чувствительность.

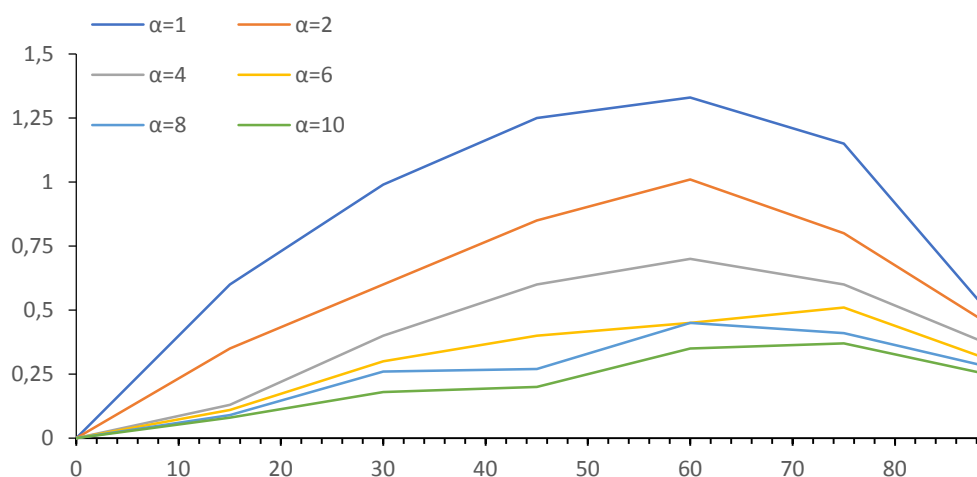


Рис. 3 График зависимости  $\dot{W}_{эл}^o = f(\alpha, \theta)$  при  $p=0.995$

## Обсуждение

В реальных условиях искажающий коэффициент от диэлектрической проницаемости среды измерения, которая не равна диэлектрической проницаемости электродной системы сенсора. Согласно этому фактору, при разработке конструкции сенсоров важно обоснованно выбирать материал сенсора. Также важно при разработке измерительной системы включать искажающий коэффициент в результирующие оценочные зависимости, для уменьшения погрешности измерения и улучшения метрологических характеристик:

1) дано математическое обоснование очевидной концентрации распределения энергии в единице объема поверхности сенсора от размеров электродной системы сенсора согласно полученной функциональной зависимости;

2) степень концентрации энергии в единице объема поверхности электродной системы сенсоров служит для оценки распределения на элементах конструкции к искажающему коэффициенту измерительной системы. Степень концентрации оценивается функциональной зависимостью величины потока электродной системы сенсора через экваториальный арбис датчика;

3) установлена зависимость энергии в единице объема сенсора от искажающего коэффициента, а именно от соотношений диэлектрических проницаемостей электродной системы и окружающей его среды;

4) математическая модель имеет блочную структуру подынтегральных выражений, взаимосвязи выходного сигнала с размерами чувствительных элементов и коэффициентом неоднородности от условий эксплуатации.

Эти результаты ценны тем, что позволяют, следуя конкретному методу, обосновывать материал электродной системы датчика, обеспечить концентрацию исследуемого поля, и оптимальные размеры чувствительных электродов. Также включать корректирующий коэффициент при обработке результирующего измерительного сигнала и снижать погрешность измерения.

## Заключение

Математическое и конструктивное моделирование и анализ подтвердили и дали обоснование установленной зависимости к диэлектрической проницаемости материала электродной системы сенсора к установленной концентрации и восприимчивости параметров исследуемого поля. А также выбор материала электродной системы корпуса определяет также и размер чувствительных элементов. При росте диэлектрической проницаемости корпуса сенсора необходимо увеличивать угловой размер чувствительных элементов. При изменении искажающего коэффициента  $\alpha$  отношений диэлектрических проницаемостей в диапазоне  $[1;10]$  важный угловой размер  $\theta_{01}$  чувствительного элемента определяется в диапазоне  $45^\circ..62^\circ$ . Чувствительные элементы таких размеров невозможно уместить

на сфере без соприкосновений. Проработка решения данной проблемы требует дополнительных исследований. На практике, в большинстве случаев, диэлектрическая проницаемость измеряемой среды и основы сенсора отличаются. Это условие диктует необходимость корректировать результаты измерения в зависимости от используемого материала основы сенсора.

### Библиографический список

1. Всемирная организация здравоохранения. Электромагнитные поля, <https://www.who.int/peh-emf/en/>, last accessed 2020/05/01.
2. Korpinen, L., Paakkonen, R.: Occupational exposure to electric and magnetic fields during tasks at ground or floor level at 110 kV substations in Finland. In: Int. J. Occup. Saf. Ergon, pp. 384–388 (2016).
3. Establishing a Dialogue on Risks from Electromagnetic Fields [https://www.who.int/peh-emf/publications/risk\\_hand/en/](https://www.who.int/peh-emf/publications/risk_hand/en/), last accessed 2020/05/01.
4. Ztoupis, I., Gonos, I., Stathopoulos, I.: Measurement and calculation of power frequency electric fields generated by high voltage overhead power lines. Proceedings of the 2014 International Conference on High Voltage Engineering and Application (ICHVE), pp. 1–4. Poznan, Poland (2014)
5. The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) IEEE C95.6. IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0–3 kHz. IEEE, New York, NY, USA (2002)
6. Sanitary rules and regulations 2.2.4.1191-03. State sanitary and epidemiological regulation of the Russian Federation. State sanitary and epidemiological rules and regulations, [www.gostrf.com](http://www.gostrf.com), last accessed 2020/05/01.
7. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). In: Health Phys (2010)
8. Hui, J., Guan, Z., Liu, Y.: Values and rationales of limits of power frequency electric and magnetic fields in various countries. In: High Volt. Eng., pp. 32:51–54 (2006).
9. Росстандарт. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4>, last accessed 2020/05/01.
10. Khermand, A., Leijon, M., Tornakvist, C.: Detection and localization of partial discharge in high voltage power cable joints. Conduction and Breakdown in Solid Dielectrics. In: ICSD '98. Proceedings of the 1998 IEEE 6th International Conference on, pp. 145-148 (1998).
11. Techaumnat, B., Takuma, T. Analysis of the electric field and force in an arrangement of a conducting sphere and a plane electrode with a dielectric barrier. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation 13(2), 336-344 (2006).
12. Pittman E P, Stanford R A 1972 Electric field sensor (US patent No. 3,641,427; filed September 24th, 1969; published February 08th, 1972).

13. Stig Rune Lennart Tenghamn, Rune Johan Magnus Mattsson. Low noise, towed electromagnetic system for subsurface exploration. (US patent № US20070229083A1; filed 13.09.2006; published 04.10.2006).
14. Arnsteyn Bee. Measuring instrument of flux rate and method of measuring of flux rate of multiphase fluid medium (RU Patent № RU2348905 Russian Federation, G01 F1/74 (2006.01) G01 N22/00 (2006.01). № 2006124233/28; filed 09.12.2004; published. 10.03.2009).
15. Donald D. Dudley: Mathematical Foundations for Electromagnetic Theory. University of Arizona, Tucson, Hardcover (1994)
16. Kolmogorov, A., Kolmogorova, S., Bityukov, S.: Operational circumstances in the design and use of invariant of electromagnetic fields. In: 11th International IEEE Scientific and Technical Conference "Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines", Dynamics 2017, Proceedings, pp. 1-4 (2017).
17. Peter, E.: Mathematics Used in Electromagnetism. 416 pp. Wiley-IEEE Press, Sutherland (2015).
18. Neyman, L., Demirchan, K.: Theoretical Foundations of Electrical Engineering (tom 2). Energoizdat Publishing (1981).

**С. С. Колмогорова**, кандидат технических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им. С. М. Кирова  
ss.kolmogorova@mail.ru

**С.В. Бирюков**, доктор технических наук, профессор  
Кафедра физики ОмГТУ  
ОмГТУ, г. Омск  
sbiryukov154@mail.ru

**Д.В. Иванов**, магистр  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им. С.М.Кирова  
dmivter@gmail.com

## **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ С УПРАВЛЕНИЕМ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ СЕНСОРОВ**

### **Введение**

Промышленная автоматизация постоянно меняется, где главной целью является повышение производительности, эффективность, скорость, снижение издержек и качество, что приводит к большей конкурентоспособности компаний на пути к большей результативности разных уровней производства. Интеллектуальное управление данными с применением промышленной идентификации позволяет перевести промышленные про-

цессы к полной прозрачности и возможности собирать и обрабатывать данные в важных точках предприятия в режиме реального времени.

Технический прогресс, связанный с широким использованием электричества и различных антенных систем, приводит к неблагоприятной электромагнитной обстановке для биологических и технических объектов. К биологическим объектам относится вся природа и фауна и главным образом человек. К техническим объектам – электронные устройства, портативные радиостанции, сотовые телефоны и т.д. Чтобы осуществлять контроль и обеспечивать благоприятные условия для жизнедеятельности человека, работы электронного оборудования и качественной радиосвязи необходимы измерительные устройства и системы автоматизированного контроля электромагнитной обстановки окружающей среды с гарантированными метрологическими характеристиками.

Для контроля уровней электромагнитных полей используются отдельные средства измерений [1–3], непосредственно предназначенные для этих целей. Средства и системы измерений для исследования электромагнитных полей разрабатываются как в России [1–3], так и за рубежом [4–6].

Однако важно отметить примитивность алгоритмов считывания, передачи и обработки сигналов с датчиков. Это затрудняет автоматизацию процессов измерения и получения, желаемых метрологических характеристик.

Согласно полученным результатам исследований и анализа доступных источников видим, что проблема конструирования сенсоров и оптимизация детектирования, и анализ результатов электрометрических измерений остаются актуальными на сегодняшний день. Разрабатываемые и применяемые новые технологии промышленности требуют новых разработок в приборостроении, информационных технологиях и автоматизации процессов.

Важными задачами являются: решение технической реализации измерительной аппаратуры и вспомогательных средств программного обеспечения и автоматизация обработки показаний первичных преобразователей в любых технологических процессах измерения электромагнитных полей с учетом корректировки на эксплуатационные условия и реального взаимодействия сенсора с полями различных источников.

### **Виртуальная автоматизированная система информационно-измерительного комплекса с обработкой сигнала первичного преобразователя.**

Измерительная часть устройства средства автоматизированного измерения электромагнитных полей включает измерительный блок и блок управления с системой управления. Измерительный блок осуществляет геометрическое суммирование составляющих вектора напряженности электромагнитного поля, получаемых с датчиков, расположенных по трем координатным осям. Работа измерительного блока находится под контролем системы управления, не корректная работа которого может приводить



к значительным погрешностям измерения. Таким образом, очевидна необходимость усовершенствования системы управления с возможностью автоматизации и оптимизации процессов измерения и уменьшения влияния блока управления на погрешность результирующих значений.

Автоматизированная виртуальная система расчета параметров электромагнитного поля с возможностью самоориентации сенсора представляет собой виртуальную модель. В программе проработан метод векторного сравнения. Передняя панель имитирует расположение систем управления, индикации прибора в реальном использовании (рис. 1 и рис. 2).

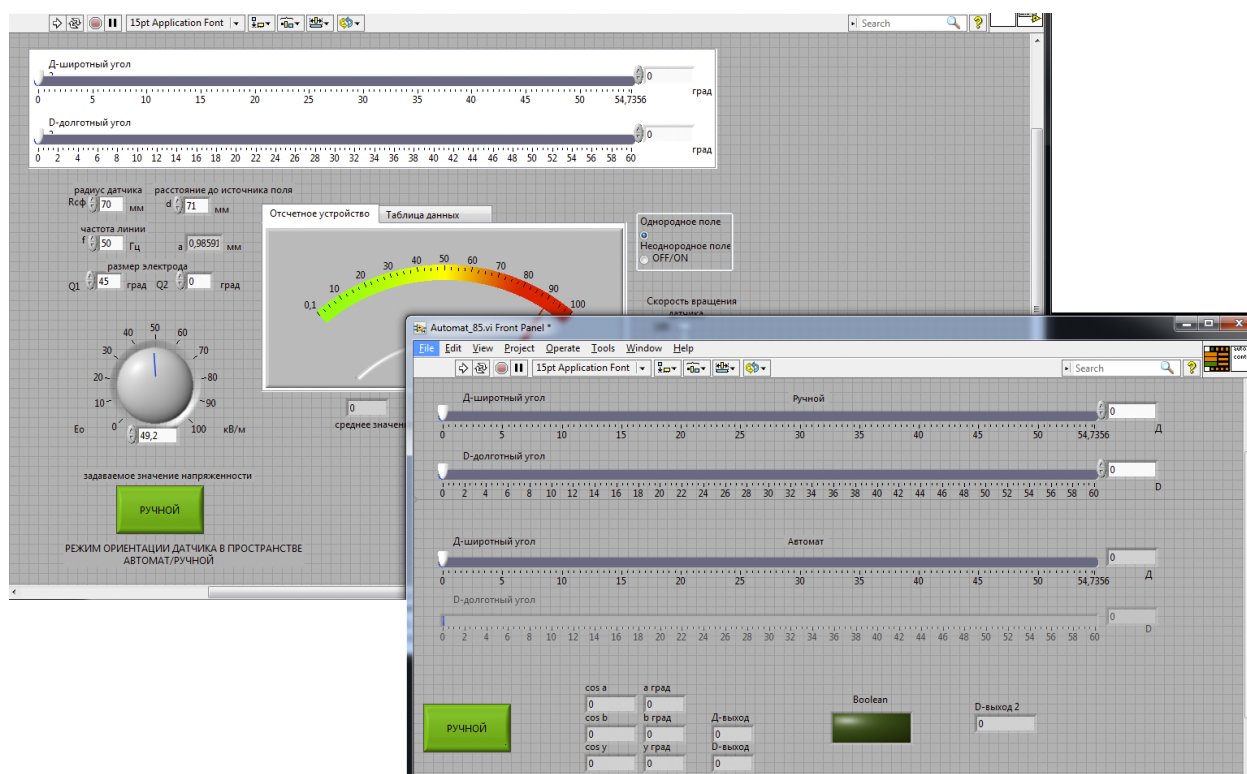
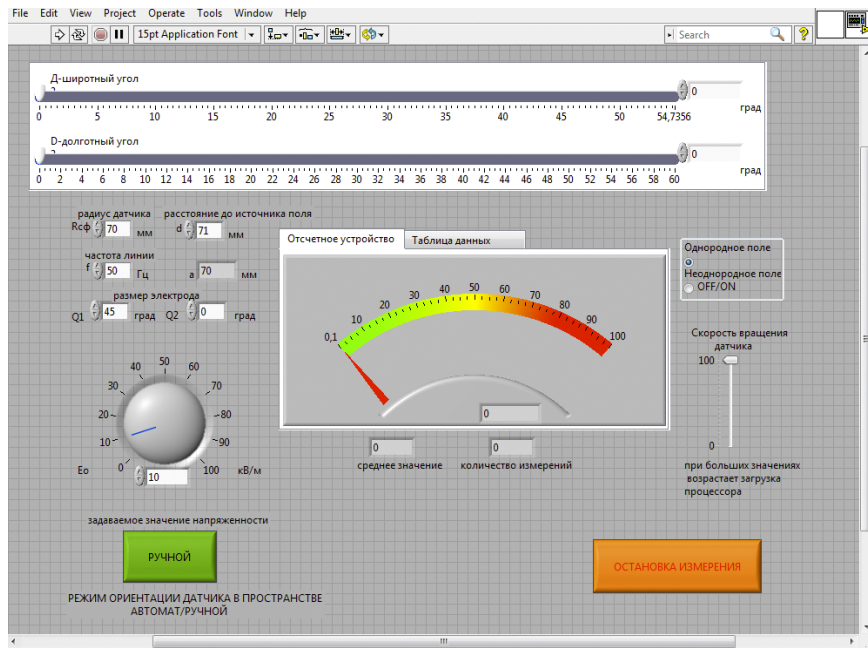


Рис. 1 Передняя панель VI

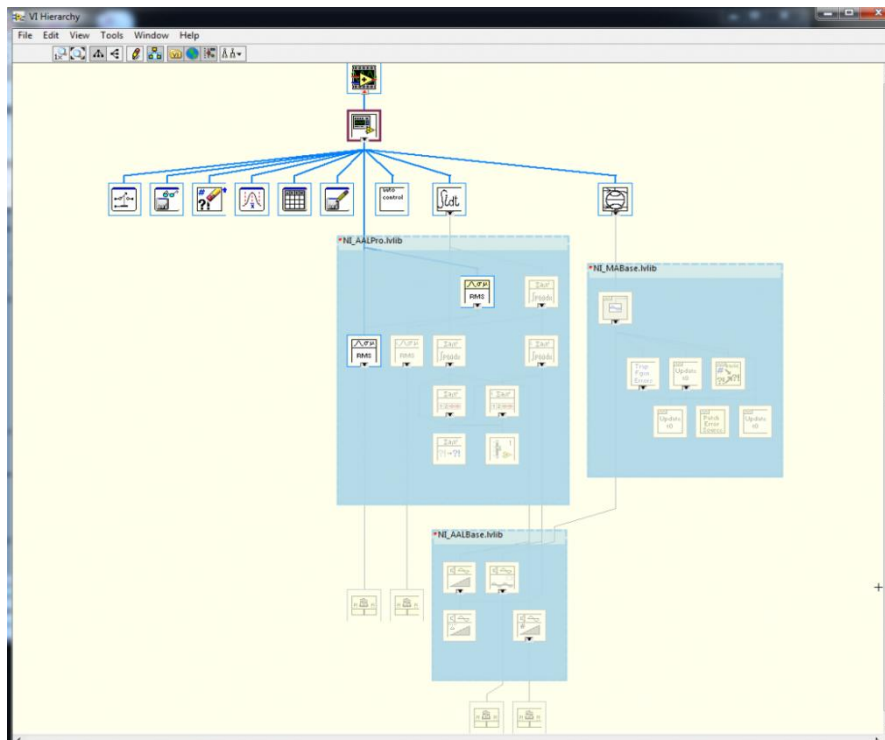
На панели пользователь может устанавливать следующие данные: скорость работы программы, ручной/автоматический, отражаются средние значения, показания прибора в виде цветовой шкалы или прибора, пройденное время измерений. Шкалы в верхней части лицевой панели предназначены для ручной ориентации датчика в измеряемом пространстве и представляют собой графическое представление вращения датчика (можно задавать самостоятельно, либо задать автоматическую ориентацию)



**Рис. 2** Передняя панель VI для ориентации первичного преобразователя

Структура (иерархия) виртуального прибора (ВП) представлена на рисунке 3 и демонстрирует блочную работу элементов всего прибора. Блок-схема всего прибора представлена на рисунке 4.

Блок (рис. 5) представляет собой отдельный модуль для реализации математического аппарата работы сенсора в различных условиях неоднородности.



**Рис. 3** Иерархия VI

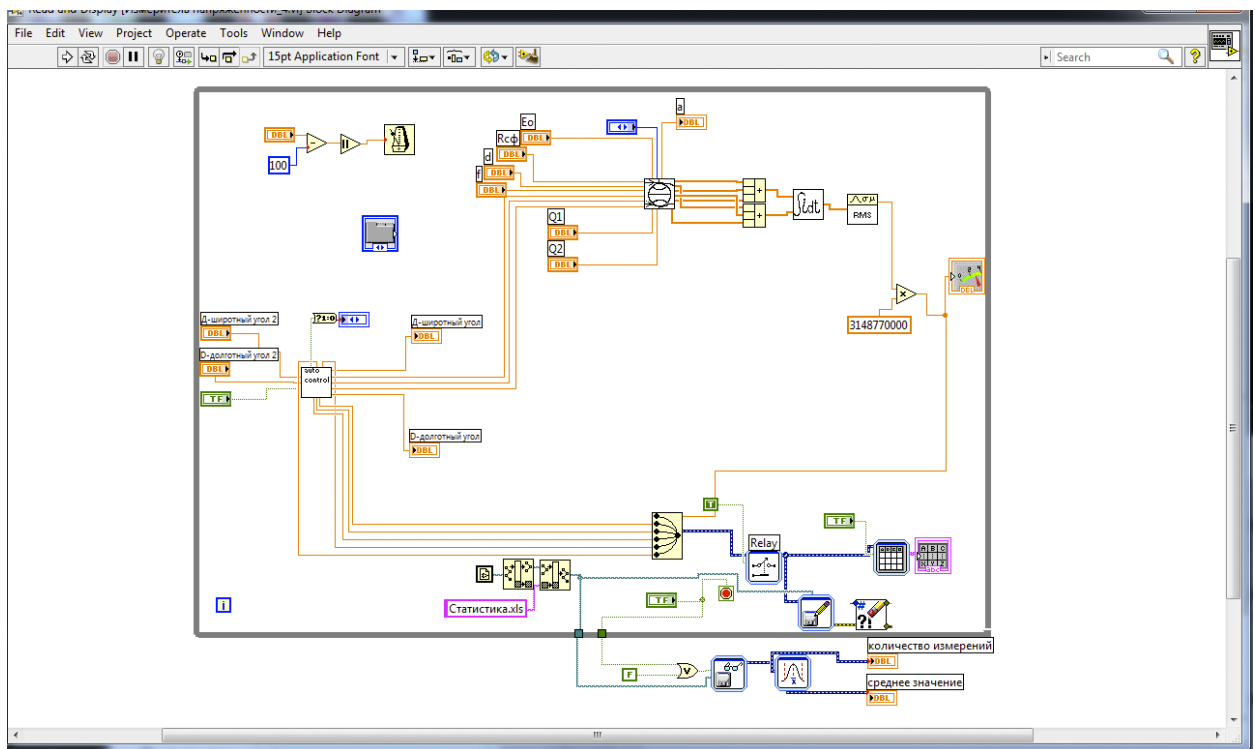


Рис. 4 Блок-схема VI

Математическая модель сенсора в однородном и неоднородном полях

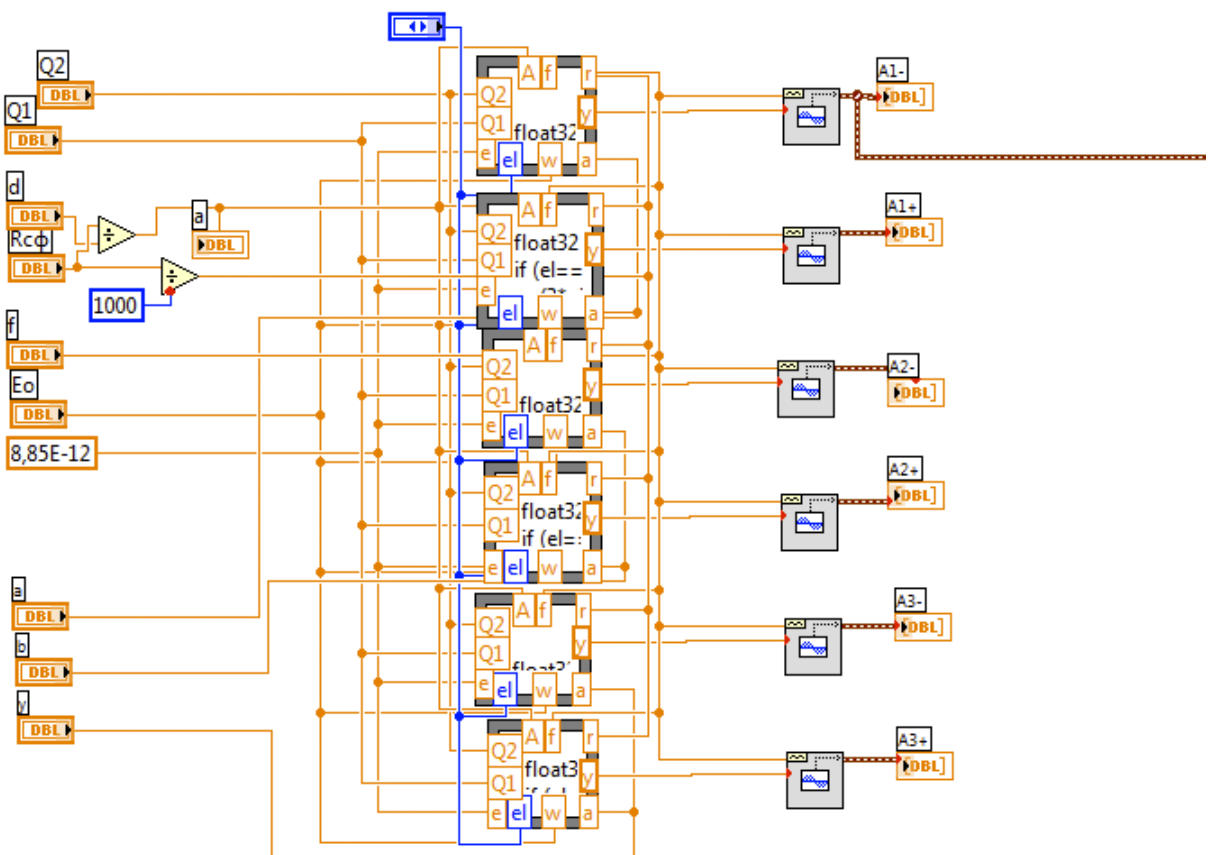
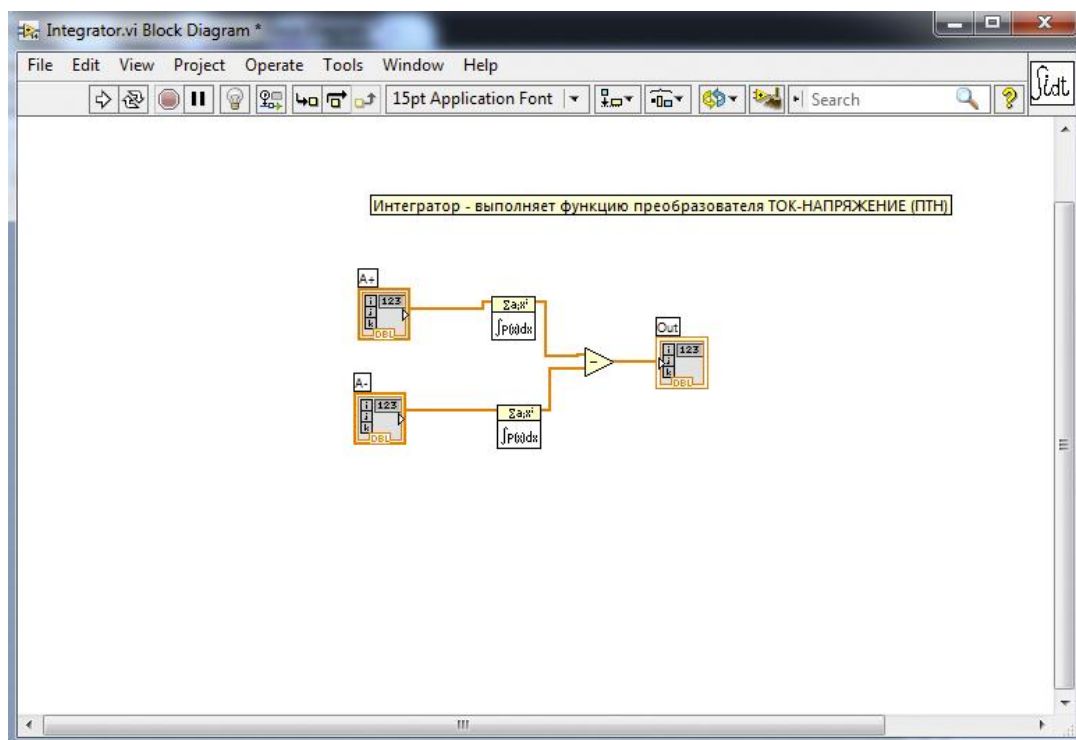
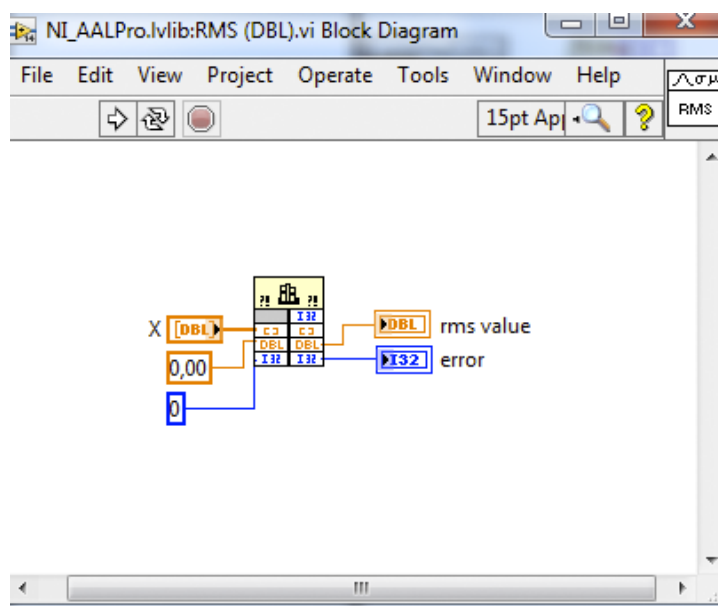


Рис. 5 Математический аппарат работы сенсора в составе VI

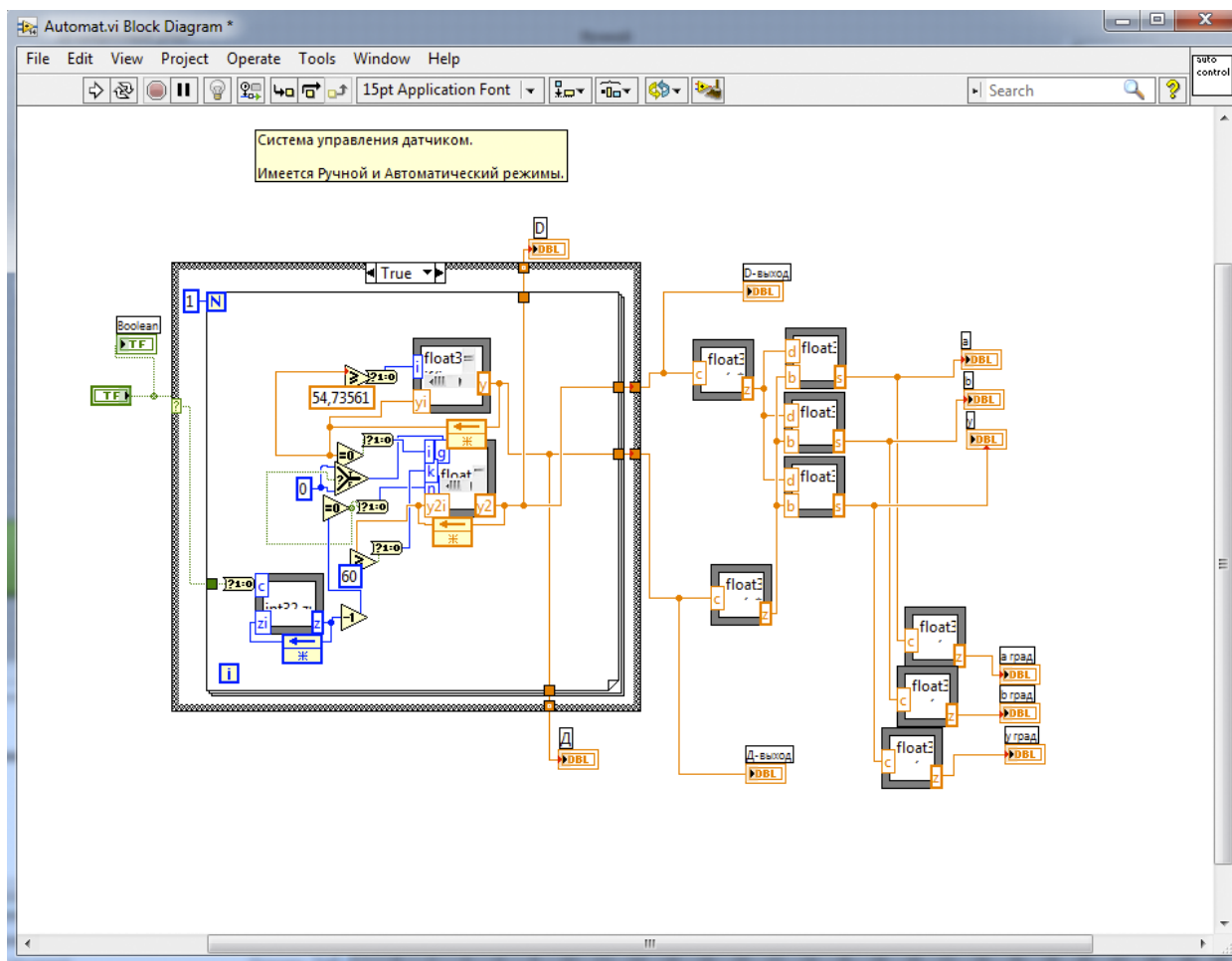
На рисунке 6 отдельно продемонстрирован модуль - «Интегратор», реализующий ПТН (преобразователь тока-напряжение), на рисунке 7- модуль RMS и на рисунке 8 - модуль системы управления ориентацией датчика в двух режима: автоматический и ручной.



**Рис. 6** Модуль «Интегратор», реализующий ПТН (преобразователь тока-напряжение) в составе VI



**Рис. 7** Модуль RMS в составе VI



**Рис. 8** - Модуль системы управления ориентацией датчика в двух режима: автоматический и ручной в составе VI

ВП [9] предполагался для функционирования в реальных измерительных системах, с возможностью создания прототипа измерительного устройства с полной интеграцией с ВП и его оптимизации для применения в производственных условиях. Именно поэтому на следующем этапе автоматизации процесса обработки данных использовали платформу Siemens.

Методы и техника измерения, учитывающая в алгоритме обработки сигналов датчика влияние неоднородности среды и корректирующего коэффициента преобразования на реальные эксплуатационные условия, внесены в программу автоматизации и представлены в [8].

### **Программный комплекс обработки измерительных сигналов с датчиков.**

Программный комплекс обработки измерительных сигналов с датчиков представляет собой промышленную систему автоматической обработки параметров, получаемых с первичных преобразователей. В основу программной части взят алгоритм обработки показаний датчиков с математической обработкой скорости изменения сигнала [7].

Система для автоматизации процесса считывания компонентов в процессе. Первичными преобразователями являются S-образные датчики (от 4-х до 8-ми в зависимости от модификации), а также датчики напря-

женности электромагнитного поля (также в зависимости от модификации). Для обработки сигнала и алгоритмической операции используется платформа Siemens S7-300 с измерительными модулями Siwerex. Отличительной особенностью является алгоритм обработки показаний датчиков в процессе дозирования веса. Контролируются прямые измерения с учетом скорости изменения показаний. Реализованная в алгоритмах коррекция по указанным различным параметрам позволяет системе быстро адаптироваться к изменениям технологических условий, и, как следствие, добиваться высокой точности измерений, что и является ключевым требованием. В качестве человеко-машинного интерфейса используется программный продукт Siemens WinCC Flexible, который установлен на отдельно стоящем ПК. Возможна интеграция нижнего уровня в стороннюю SCADA систему. Программный комплекс способен обрабатывать любые аналоговые сигналы.

Программы в среде разработчика и файловая структура показаны на рисунке 9 и рисунке 10.

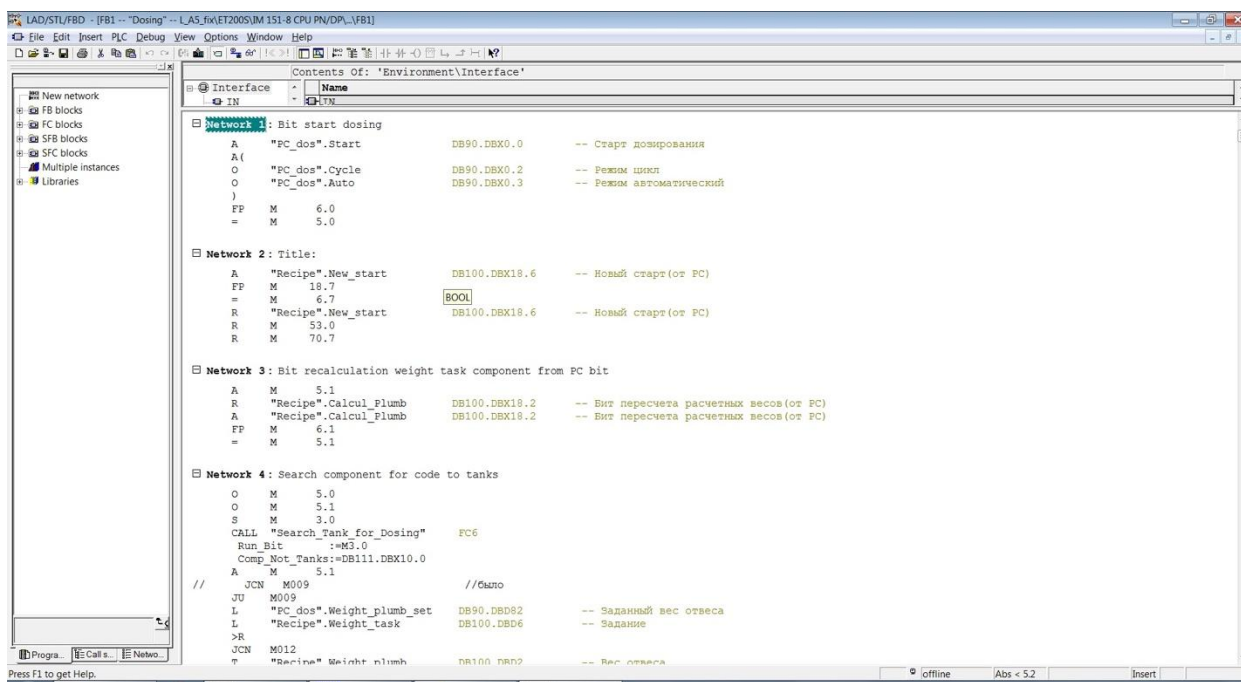


Рис. 9 Блок диаграмма в среде разработчика в среде Siemens



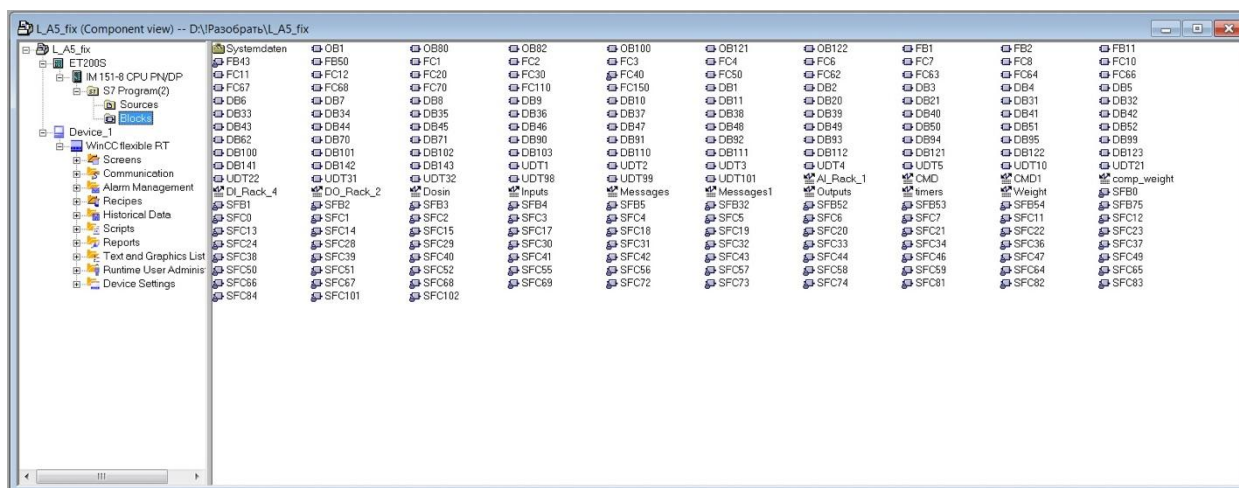


Рис. 10 Файловая структура в среде разработчика в среде Siemens

Программный комплекс позволяет осуществлять циклическую обработку какого-либо параметра измерения, используя математическую обработку показаний датчиков, в том числе учета скорости изменения сигнала в быстро изменяемых процессах. Среда разработки - Siemens STEP7. Программный комплекс обладает возможностью самокорректировки, т.е. система анализирует ошибки и в последующий циклах делает корректировку для повышения точности. Данный подход позволяет существенно повысить точность дозирования в быстротекущих циклических процессах по сравнению с традиционными системами, применяющими линейную обработку показаний датчиков. Программный комплекс способен обрабатывать любые аналоговые сигналы.

Скрипт формирования отчетов данных сенсоров представляет скрипт, который является расширением возможности интерфейса программного комплекса, реализованный на языке Visual Basic Application. Используя стандартные функции ОС Windows, скрипт формирует массив данных важных величин, далее, обрабатывает и записывает в соответствующие файлы. Предусмотрены архивы данных на единичные измерения, на определенное количество измерений, отчетность в месяц. Отчет на единичное измерение формируется по окончании одновременного получения данных со всех датчиков, отчет за определенное количество измерений формируется раз в указанное время, отчет за месяц формируется раз в месяц в указанное число/время. Файлы имеют структуры CSV и пригодны к чтению MS Excel.

Скан скрипта в среде разработки VBA для WinCC Flexible показан на рисунках 11 и 12.

Программная часть реализована на аппаратных возможностях промышленных ПЛК Siemens S7-300. Комплекс позволяет обработку быстрых циклических получаемых данных, т.к. время программного цикла составляет не более 50мс.

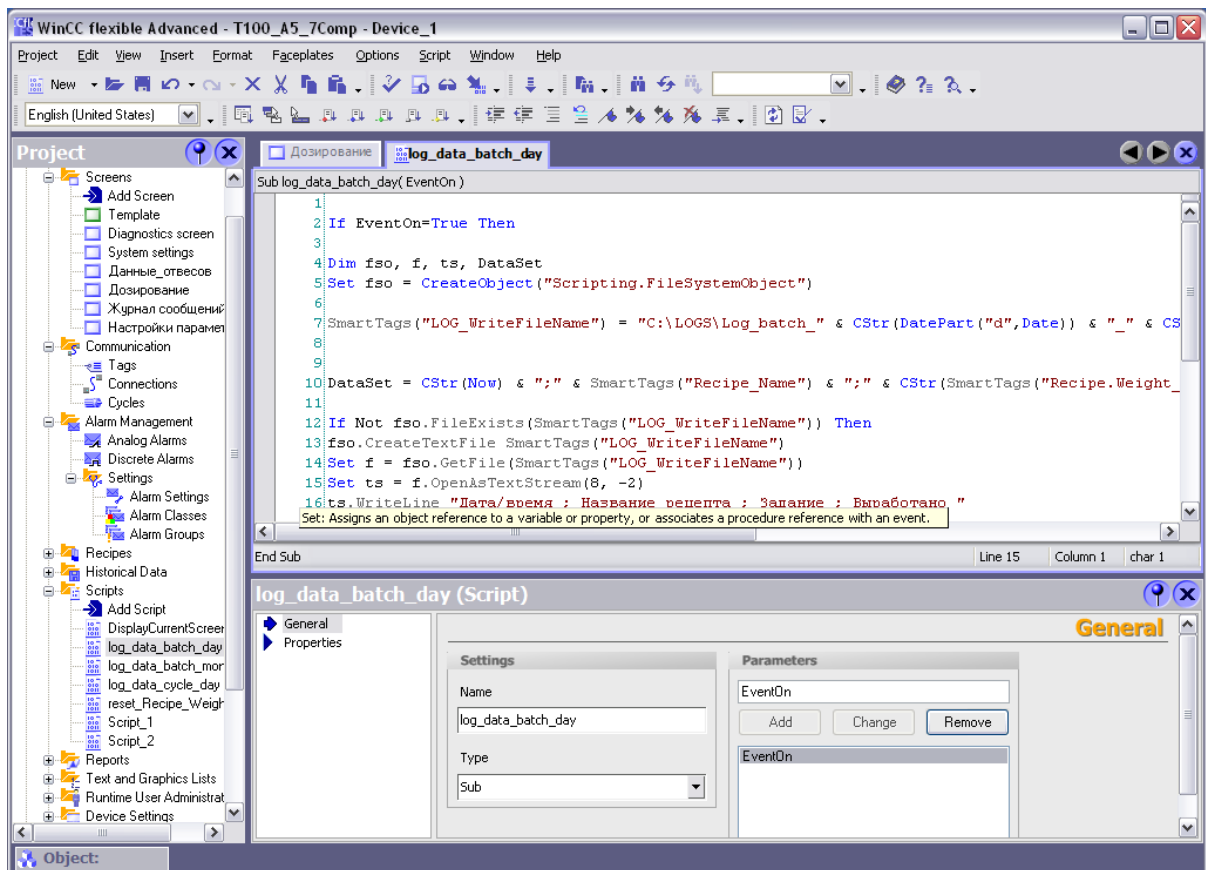


Рис. 11 Скрипт в среде разработчика Siemens, первый скрин экрана

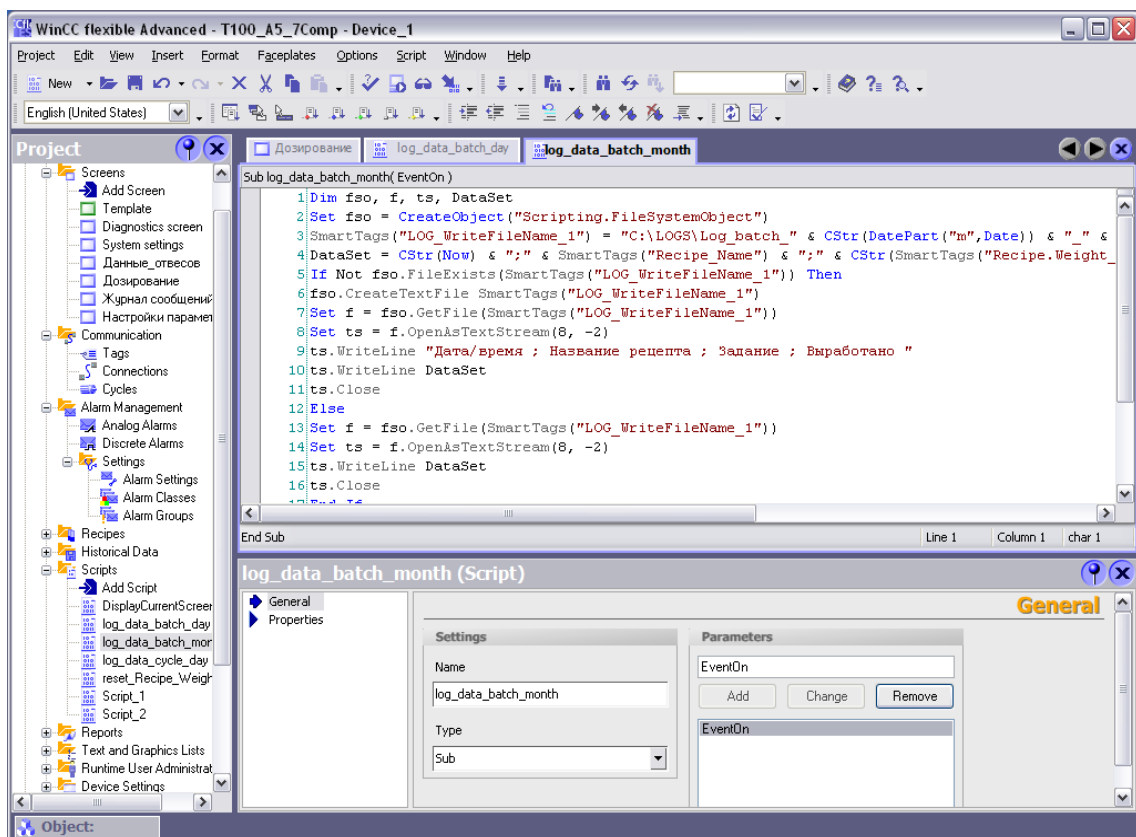


Рис. 12 Скрипт в среде разработчика Siemens, второй скрин экрана



В качестве системы ввода-вывода сигналов используется компактная платформа Siemens ET200S. Комплекс может быть интегрирован в существующие АСУТП или использован как самостоятельная локальная система управления.

### **Заключение**

По результатам проведенной работы разработали автоматизированную информационно-измерительную систему с автоматизацией обработки измерительных сигналов с чувствительных элементов датчиков в процессе измерений. В рассмотрении участвуют датчики электромагнитного поля, имеющие от 1 до 6 чувствительных электродов (в зависимости от модификации).

Система автоматизированного расчета параметров электромагнитного поля представляет собой виртуальную программу для определения результирующего вектора трех ортогональных составляющих напряженности в любой системе, которая упрощает обработки анализ результирующего информационного параметра при проектировании приборов и систем многокомпонентных измерений.

Обработка сигналов и алгоритмические операции осуществлены на платформе Siemens S7-300. Отличительной особенностью является алгоритм обработки показаний датчиков в процессе получения данных. Возможна интеграция нижнего уровня в стороннюю систему SCADA.

При реализации алгоритмов коррекции по указанным параметрам позволяет информационно-измерительной системе быстро адаптироваться к изменениям технологических условий и добиваться высокой точности измерений.

Выгодной особенностью программного комплекса, благодаря среде разработки, является возможность запускать его на промышленных HMI панелях Siemens различных степеней защиты, что расширяет возможность практического применения. Применение таких моделиориентированных технологий обеспечивают автоматическую оптимизацию и быструю переналадку процесса измерений, обработки данных и эффективность производства в целом в долгосрочной перспективе.

### **Библиографический список**

1. Измеритель напряженности электростатического поля СТ-01. Руководство по эксплуатации МГФК 410000.001 РЭ. URL: [https://ntm.ru/UserFiles/File/product/EMF/ST01/manual\\_ST01.pdf](https://ntm.ru/UserFiles/File/product/EMF/ST01/manual_ST01.pdf), last accessed 2020/11/10.
2. Измеритель параметров электростатического поля ИПЭП-1. Руководство по эксплуатации УШЯИ.411153.002 РЭ. URL: <http://www.piborelektro.ru/price/IPEP-1.php4?deviceid=854>, accessed 2020/11/10.

3. Измеритель параметров электрического и магнитного полей ВЕ-метр-АТ-003 – 3D. Руководство по эксплуатации БВЕК43 1440.07 РЭ. URL: <http://ciklon-pribor.ru>, accessed 2020/11/10.
4. William H, Beasley; Leon G. Byerley; Jody A Swenson; Ivan D Bogoev. Low power, Low maintenance, Electric-field meter. (US patent № US6.984.971A1; filed 14.03.2002; published 10.01.2006).
5. Nilton O, Renno; Steven A, Rogacki. Rotating Electric-field-sensor. (US patent № US2011/0062968A1; filed 14.03.2010; published 17.03.2011).
6. Mathleu Baicry; Mattheu Le Prado. Dvice for measuring an electric field in conducting medium and method of calibrating sucha dvice. (US patent № US2016/0238646A1; filed 17.02.2016; published 18.08.2016).
7. Колмогорова С. С. Измеритель напряженности электростатического поля / С. С. Колмогорова // Свидетельство об отраслевой регистрации, № 17642, Министерство образования и науки РФ, ОФАП, М., 2011.
8. Kolmogorov, A., Kolmogorova, S., Biryukov, S.; Operational circumstances in the design and use of invariant of electromagnetic fields. In: 11<sup>th</sup> International IEEE Scientific and Technical Conference “Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines”, Dynamics 2017, Proceedings, pp.1-4 (2017).
9. Свидетельство о регистрации электронного ресурса 23780 от 09.06.2018 г. Программный комплекс обработки показаний датчиков / Д. С. Баранов, А. С. Колмогоров, С. С. Колмогорова, С. В. Бирюков ; ОмГТУ. – М. : ОФЭРНиО.
10. Свидетельство о регистрации электронного ресурса 23779 от 15.09.2018 г. Человеко-машинный интерфейс программно-аппаратного комплекса обработки показаний датчиков / Д. С. Баранов, А. С. Колмогоров, С. С. Колмогорова, С. В. Бирюков ; ОмГТУ. – М. : ОФЭРНиО.

**В.С. Колыгин**, магистр 2 курса,  
кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им. С.М.Кирова  
v.kolygin@yandex.ru

**М.Р.Вагизов**, кандидат технических наук, доцент  
кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им. С.М.Кирова  
bars-tatarin@yandex.ru

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ RFID-МЕТОК ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ НЕЗАКОННЫХ РУБОК**

### **Введение.**

Информационные технологии позволяют увеличивать эффективность природоохранных и хозяйственных функций лесного хозяйства в не-

сколько раз благодаря возможности быстро и без ошибок обрабатывать большие массивы информации, получать аналитическую статистику по лесному фонду, обрабатывать и проектировать лесохозяйственные мероприятия на больших территориях в кратчайшие сроки[1].

Актуальность выбранной темы обуславливается тем, что на фоне растущего спроса на древесину ценных пород, увеличиваются и незаконные вырубки лесов, ущерб от которых ежегодно составляет миллиарды рублей. Согласно законодательству РФ, три ценные породы дерева: дуб, бук и ясень - необходимо поштучно метить при поставке на экспорт. RFID-метки позволяют хранить и передавать данные о древесине в Единую государственную автоматизированную информационную систему (ЕГАИС) "Учет древесины и сделок с ней"[2].

Цель работы – провести анализ возможности использования радиочастотной технологии RFID-меток при перемещении древесины по региональным и федеральным дорогам. Основной задачей является изучение принципов работы технологии RFID, а так же анализ эффективности применения данного метода.

### **Постановка задачи.**

Проведя анализ широко применяемых методов борьбы с незаконными рубками (таких как видеонаблюдение, аэрокосмический контроль и патрулирование) была выявлена их недостаточность[3]. Такой вывод можно сделать полагаясь на то, что в настоящее время фактический ущерб стране, наносимый незаконными рубками лесов, составляет порядка 27% от объема рубок. Очень часто факт о наличии незаконной рубки выясняется по истечении времени, тем самым усложняется поиск лиц проводивших рубку. Стоит отметить, что используя аэрофотоснимки можно относительно просто определить стихийную рубку, однако зафиксировать переруб достаточно сложно. Основная причина в том, что большинство аэрофотоснимков имеют разрешение 5,0...10,0м и служат в качестве индикатора, только для определения изменений. Снимки с необходимым разрешением 0,5...0,1м практически не используются из-за высокой стоимости. На рисунке 1 показан пример участка с перерубом.

В ходе работы была рассмотрена методика расчета площади и границ вырубок по материалам съемки в целях установления перерубов. В основу метода входит параметр, который зависит от площади вырубок, а также коэффициент, зависящий от формы вырубки (круг, квадрат, длинный узкий участок). Так, для расчета ошибки площади узких полос вырубок эта формула становится бессмысленной в силу того, что числитель во всех случаях обращается в ноль, то есть ошибка всегда равна нулю. Таким образом, с помощью аэрокосмического мониторинга рубок в этом случае невозможно получить достоверные результаты[4]. Для сокращения потерь ценных пород древесины необходимо внедрять новые технологии и методы борьбы с несанкционированными действиями в лесном хозяйстве.



**Рис.1** Фрагмент аэрокосмического снимка

### **Формирование модели решения задачи.**

Одним из эффективных решений для борьбы с незаконными рубками является использование технологии RFID-меток. Технология RFID представляет собой метод автоматической идентификации через радиосигнал. Система состоит из считывателей, меток и программного обеспечения. Метка – это микросхема, в которой хранятся данные, а также антенна для беспроводной передачи информации. Внешний считыватель сканирует память метки радиочастотной идентификации и обрабатывает полученные данные. Программное обеспечение отвечает за целостную работу системы [5].

Радиочастотные метки, в отличие от традиционной графической маркировки, позволяют реализовать сервисы проверки подлинности продукции и выполнять роль носителей дополнительной информации, могут выступать источником данных для интеграции различных информационных систем, участвующих в логистической цепочке. Современные RFID-метки выполнены из материалов, способных выдерживать большие перепады температур, влажности, попадание прямых солнечных лучей, а также устойчивы к механическому воздействию. Метка имеет небольшие размеры и достаточно проста в установке. На рисунке 2 представлен один из возможных видов RFID-метки.



**Рис.2** Пример RFID-метки

Использование RFID меток в мониторинге и хозяйственном освоении лесов имеет широкие перспективы. В лесном комплексе одной из важ-

нейших функций информационных систем на основе радиочастотных меток является автоматизированный контроль в целях предотвращения незаконной рубки отдельных лесных массивов, имеющих значительную коммерческую ценность, а так же информационное обеспечение поставок и сохранности лесоматериалов с одновременным контролем законности их происхождения.

Для борьбы с незаконными рубками предлагается использовать метод, в котором используется способ скрытой установки RFID устройств на стволы древостоя, который подлежит или не подлежит вырубке. В качестве примера был использован процесс проведения выборочных рубок по отпускному диаметру [6]. В данном случае метка содержит информацию о диаметре дерева и отпускном диаметре. После проведения рубки, когда вырубленный древостой начинают транспортировать появляются считывающие устройства, которые могут быть установлены на пунктах весового контроля транспортных средств, либо на других участках дороги. Считывающие устройства фиксируют код метки, который сравнивается с базой данных. Стоит отметить, что считывающее устройство способно одновременно считать несколько десятков (20...30 шт.) RFID меток при скорости движения транспортного средства 40...60 км/ч. Если код в базе данных помечен в рубку, то дальнейшая транспортировка разрешена, если информация со считывателя не подтверждается, то необходимы соответствующие меры для пресечения транспортировки груза. Предложенный способ борьбы с незаконными рубками предполагает наличие на дорогах постов, которые будут оборудованы считывающими устройствами, работающими в непрерывном режиме, это позволит в минимальные сроки передать сигнал о перевозке древесины, добытой незаконным путем, службам ДПС или лесной охраны. Внедрение данной технологии требует определенных финансовых затрат, но эти затраты несопоставимы с теми убытками, которые приносят незаконные рубки нашей стране.

Холдинг "Росэлектроника" госкорпорации "Ростех" успешно провел испытания RFID-меток для маркировки древесины ценных пород. Заказчиком проекта выступило Министерство промышленности и торговли РФ. В рамках испытаний проверялась работа меток Boscotag RFID-центра ИМЦ Концерна Вега (Росэлектроника), а также метки ПАО Микрон (РТИ) (предположительно МІК 2498-183М). Для работы с метками применялись зарубежные считыватели компании Feig.

По результатам испытаний проведенных холдингом Росэлектроника были достигнуты близкие к 100% результаты идентификации древесины, при считывании данных, как в лесовозе, так и в вагоне. Такие данные обеспечивали стационарные считыватели, при этом расстояние до меток составляло до 11 метров [7]. Метки в жестких защищенных корпусах также проверялись на прочность методом удара, выдержав постоянную нагрузку до 1.5 тонн и ударную — до 5 тонн. Такие метки сохраняют работоспособность в диапазоне температур от -40 до +65 градусов.

## **Заключение.**

Метки для древесины позволяют определить породу дерева, место и дату вырубki, технические параметры и назначение древесины, потребителя. Формирование банка данных по заготовке леса в Единой государственной автоматизированной информационной системе (ЕГАИС) сократит объем незаконной заготовки и транспортировки древесины. Все перемещения остаются зафиксированными, что позволяет восстановить историю движения объектов и получить дополнительную аналитику. Кроме того, RFID позволяет уйти от ручного ввода или пересчета, значительно повысить производительность линейных операций, таких как инвентаризация, комплектование, заполнение и корректировка документов. По мере развития лесозаготовок возрастает потребность в оперативном автоматизированном учете, и RFID здесь оказывается крайне уместной и перспективной технологией.

## **Библиографический список**

1. Санников С.П., Герц Э.Ф., Шипилов В.В., Серков П.А. Моделирование системы мониторинга перемещения лесосырьевых потоков и пожаров на основе синергетической сети RFID датчиков// Вестн. МГУЛ–Лесн. вестн. 2014. № S2. С. 104–110
2. Шимов С.В., Никитина Ю.В. Технология мониторинга вырубok леса с использованием космических снимков высокого пространственного разрешения// Геоматика. 2011. № 3. С. 47–52.
3. Вагизов М.Р. Цифровое лесное хозяйство. Смена парадигм. //Международный научный журнал. // Научные горизонты. Вып. №7, с.132-138.
4. Вагизов М.Р. Потенциал использования инфокоммуникационных технологий на основе RFID-меток в лесной сфере. Цифровые технологии в лесном секторе : материалы Всероссийской научно-технической конференции. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – 175 с. 26-29.
5. Санников С.П., Герц Э.Ф., Дьячкова А.А. Методология дистанционного мониторинга древостоев и транспортных потоков древесины Лесной журнал. 2016. № 3 с.109-114
6. Чермных А.И., Годовалов Г.А. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 10. – С. 85-89
7. Алексеев А.С. Никифоров А.А. Михайлова А.А. Вагизов М.Р. Новый метод определения таксационных характеристик насаждений по снимкам сверх высокого разрешения с беспилотного летательного аппарата (БПЛА). «Известия лесотехнической академии»/ СПб 2016. (№215) – С.6-18.

**К. В. Конжголадзе**, магистр 1 курса  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПб ГЛТУ им. С.М.Кирова  
karamnova.moris@mail.ru

**С. П. Хабаров**, кандидат технических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПб ГЛТУ им. С.М.Кирова  
serg.habarov@mail.ru

## **АНАЛИЗ РАБОТЫ ПРОТОКОЛА IPv6 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН СРЕДЫ VIRTUALBOX**

### **Введение.**

В настоящее время большинство сетей пока еще использует протокол IPv4, но уже внедряется IPv6. Расширение разрядности его адресов с 4-х байт до 16 байт позволяет адресовать уже до  $3.4 \cdot 10^{38}$  узлов сети. Это примерно  $6.65 \cdot 10^{23}$  адресов на каждый квадратный метр поверхности Земли. Однако увеличение длины адреса было сделано не только для устранения дефицита адресов, а в большей степени для повышения эффективности работы сетей, для ускорения работы маршрутизаторов, а также для обеспечения защиты данных, благодаря шифрованию [1,2].

Главным явилось структурное изменение системы адресации. Если IPv4 использует два уровня иерархии адреса (номер сети и номер узла), то в IPv6 возможны четыре уровня – три уровня идентификации сетей и один для идентификации узлов. В версии IPv6, также как и в IPv4, используют индивидуальные (unicast) и групповые (multicast) адреса, но наряду с этим появился и новый тип – произвольные адреса (anycast), которые могут быть назначены нескольким компьютерам в сети. В IPv6 нет широковещательных адресов, вместо них используются групповые адреса. Например, групповой адрес (ff02::1) означает все узлы в канале связи, а (ff02::2) все маршрутизаторы в канале связи.

На структуру адреса IPv6 оказывает область действия, где предполагается функционирование узла сети с назначенным ему конкретным адресом. Исходя из этого, все адреса IPv6 принято различать по области их действия (табл. 1).

Таблица 1.

**Типы адресов протокола IPv6**

Тип адреса	Начальные цифры адреса
Глобальные	2 или 3
Локальные	FD
Локальные канала связи	FE80
Локального узла	FEC0
Групповой	FF

Глобальные адреса (global unicast address) используются в Интернете, имеют уникальные значениями и выдаются администрацией адресного пространства Интернет (IANA, Internet Assigned Numbers Authority).

Локальные адреса (unique local address) могут использоваться внутри корпоративных и локальных сетей без регистрации в IANA. Эти адреса - аналог частных или частных адресов IPv4. Они не распространяются в Интернет, а одни и те же адреса можно использовать в разных ЛВС.

Локальные адреса канала связи (link-local address) не проходят через маршрутизаторы, назначаются автоматически и действуют только в пределах одного сегмента сети, коммутатора или нескольких связанных между собой коммутаторов. Аналог 169.254.0.0/16 в версии протокола IPv4.

Адреса локального узла (site-local). Они эквивалентны частным IPv4 адресам типа 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12 и 192.168.0.0/16, которые маршрутизируются только внутри организации, а не в общедоступном Интернете.

Длина адреса IPv6 составляет 128 бит, которые записываются в виде строки из 32 шестнадцатеричных значений. Но даже при этом их запись оказывается излишне длинной и не всегда понятной. Существует два правила для сокращения записи адресов IPv6:

- возможен пропуск всех ведущих нулей в шестнадцатеричной записи. Например, 01AB можно представить, как 1AB, а 09F0 как 9F0. Правило применяется только к ведущим нулям, но не к последующим, иначе адрес будет записан неясно;
- двойное двоеточие (::) может заменить любую единую, смежную строку одного или нескольких 16-битных сегментов (хекстетов), состоящих из нулей.

### Постановка задачи.

Для проведения простейшего анализа работы протокола IPv6 и методов организации сетевого соединения с его помощью предлагается использовать всего один компьютер с установленной на нем средой виртуализации Oracle VM VirtualBox и как минимум двумя виртуальными машинами (рис. 1).

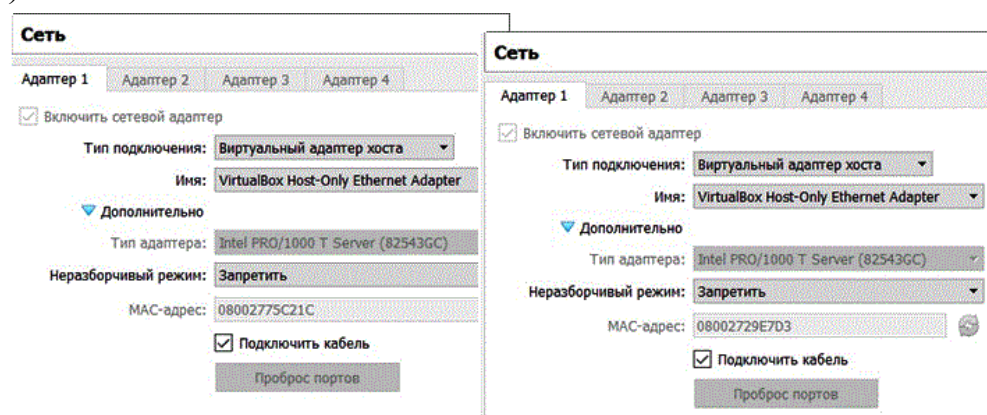


Рис 1 Сетевые настройки виртуальных машин

Принимая во внимание возможные ограниченные вычислительные ресурсы компьютера (ноутбука), на котором предполагается повторить ре-



зультаты, полученные в данной статье, дальнейшее описание выполненных исследований излагается в предположении, что гостевыми операционными системами виртуальных машинах является ОС Windows XP. А в настройках каждой из машин для сетевых адаптеров выбран тип подключения “виртуальный адаптер хоста”, для которых, как следует из рис.1, менеджер VirtualBox автоматически установил MAC-адреса 08-00-27-75-C2-1C и 08-00-27-29-E7-03, соответственно.

### Методика исследования.

Среда Oracle VM VirtualBox, при наличии достаточных мощностей базового компьютера, позволяет проводить исследование достаточно сложных сетевых структур, использующих протокол IPv4 [3,4]. Проведенные эксперименты показали, что эту среду можно использовать и для анализа сетевого взаимодействия по протоколу IPv6.

В частности, для решения поставленной задачи исходным является проверка правильности настройки обеих виртуальных машин, и их способность к сетевому взаимодействию по IPv4. С этой целью необходимо с использованием DHCPv4 сервера среды Oracle VM VirtualBox выполнить настройку сетевых интерфейсов, и на каждой из машин просмотреть их с использованием утилиты ipconfig (табл. 2.)

Таблица 2.

**Проверка настройки сетевых интерфейсов (ipconfig).**

vmWinXP-1	vmWinXP-2
Настройка протокола IP для Windows test - Ethernet адаптер: DNS-суффикс этого подключения : IP-адрес . . . . . : 192.168.56.132 Маска подсети . . . : 255.255.255.0 Основной шлюз . . . :	Настройка протокола IP для Windows test - Ethernet адаптер: DNS-суффикс этого подключения. : IP-адрес . . . . . : 192.168.56.135 Маска подсети . . . : 255.255.255.0 Основной шлюз . . . :

Проведенное успешное взаимное пингование между vmWinXP-1 и vmWinXP-2 позволяет сделать вывод о нормальной сетевой работе этих машин на протоколе IPv4 и о наличии возможности перехода к исследованию работы этих машин с использованием протокола IPv6 в условиях, когда в среде Oracle VM VirtualBox отсутствует сервер DHCPv6.

Первое, что надо сделать, это настроить обе виртуальные машины на работу с протоколом IPv6. Для этого можно использовать утилиту netsh, введя команду:

```
netsh interface ipv6 install
```

в окне командной строки на обеих машинах. После чего следует ещё раз проверить настройку сетевых интерфейсов, используя команду ipconfig (табл.3).

## Проверка настройки сетевых интерфейсов (ipconfig).

vmWinXP-1	vmWinXP-2
Настройка протокола IP для Windows test - Ethernet адаптер: DNS-суффикс этого подключения : IP-адрес . . . . . : 192.168.56.132 Маска подсети . . . : 255.255.255.0 IP-адрес : fe80::a00:27ff:fe75:c21c%5 Основной шлюз . . . : Teredo Tunneling Pseudo-Interface - тун- нельный адаптер: DNS-суффикс этого подключения : IP-адрес . . . . . : fe80::ffff:ffff:fffd%4 Основной шлюз . . . . . : Automatic Tunneling Pseudo-Interface - туннельный адаптер: DNS-суффикс этого подключения : IP-адрес: fe80::5efe:192.168.56.132%2 Основной шлюз . . . . . :	Настройка протокола IP для Windows test - Ethernet адаптер: DNS-суффикс этого подключения : IP-адрес . . . . . : 192.168.56.135 Маска подсети . . . : 255.255.255.0 IP-адрес : fe80::a00:27ff:fe29:e7d3%5 Основной шлюз . . . . . : Teredo Tunneling Pseudo-Interface - тун- нельный адаптер: DNS-суффикс этого подключения : IP-адрес . . . . . : fe80::ffff:ffff:fffd%4 Основной шлюз . . . . . : Automatic Tunneling Pseudo-Interface - туннельный адаптер: DNS-суффикс этого подключения : IP-адрес: fe80::5efe:192.168.56.135%2 Основной шлюз . . . . . :

Как следует из табл. 3, в сетевых конфигурациях обеих машин появились новые сетевые адреса IPv6, которые начинаются с fe80, что позволяет их идентифицировать, как локальные адреса канала связи, которые действуют только в пределах одного сегмента сети.

Так как обе машины находятся в одном виртуальном сегменте Oracle VM VirtualBox, то появляется возможность выполнить проверку их сетевого соединения по протоколу IPv6, выполнив взаимный ping по соответствующим адресам (рис. 2).

```

Обмен пакетами с fe80::a00:27ff:fe29:e7d3%5 по 32 байт:
Ответ от fe80::a00:27ff:fe29:e7d3%5: время<1мс
Ответ от fe80::a00:27ff:fe29:e7d3%5: время=2мс
Ответ от fe80::a00:27ff:fe29:e7d3%5: время=1мс
Ответ от fe80::a00:27ff:fe29:e7d3%5: время=2мс
Статистика Ping для fe80::a00:27ff:fe29:e7d3%5:
  Пакетов: отправлено = 4, получено = 4, поте
  Приблизительное время приема-передачи в мс:
    Минимальное = 0нсек, Максимальное = 2 нсек,
Обмен пакетами с fe80::a00:27ff:fe75:c21c%5 по 32 байт:
Ответ от fe80::a00:27ff:fe75:c21c%5: время<1мс
Ответ от fe80::a00:27ff:fe75:c21c%5: время=1мс
Ответ от fe80::a00:27ff:fe75:c21c%5: время=1мс
Ответ от fe80::a00:27ff:fe75:c21c%5: время=1мс
Статистика Ping для fe80::a00:27ff:fe75:c21c%5:
  Пакетов: отправлено = 4, получено = 4, потеряно = 0 (0% потерь),
  Приблизительное время приема-передачи в мс:
    Минимальное = 0нсек, Максимальное = 1 нсек, Среднее = 0 нсек
  
```

Рис. 2 Проверка соединения по IPv6 локальным адресам канала связи

Проведенное тестирование показало наличие сетевого соединения между vmWinXP-1 и vmWinXP-2, но почему сетевые интерфейсы получили именно такие IPv6 адреса, да еще в отсутствии сервера DHCPv6. Дело в том, что когда узел подключен к сети с поддержкой IPv6, первое, что он обычно делает, это автоматически настраивает себя с использованием локального адреса канала.

Назначение этого адреса – позволить узлу взаимодействовать на уровне 3 с другими устройствами IPv6 в локальном сегменте. Наиболее часто используемый способ автоматической настройки локального адреса канала – это комбинирование префикса локального канала FE80::/64 и идентификатора интерфейса типа EUI-64 (Extended Unique Identifier), который генерируется из MAC-адреса сетевого интерфейса. На рис. 3 приведен пошаговый пример того, как локальный адрес машины vmWinXP-1 генерируется из MAC-адреса 08-00-27-75-C2-1C ее сетевого интерфейса.

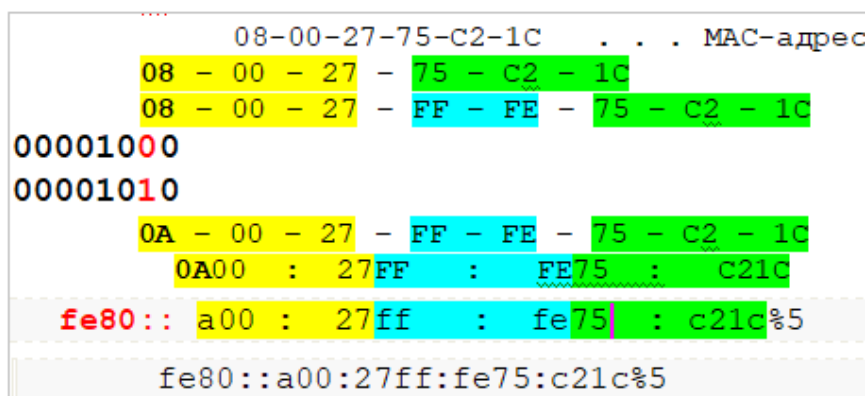


Рис. 3 Процесс формирования локального адреса канала на базе EUI-64

Аналогично формируется локальный адрес канала для виртуальной машины vmWinXP-2. Эти адреса являются аналогом принятой в версии IPv4 автоматической частной IP-адресации (APIPA), при которой Windows DHCP может автоматически назначать адреса из диапазона 169.254.0.1/16. Но существует важное различие между локальными адресами IPv6 и адресами IPv4 APIPA. Если узел сети получает IPv4-адрес от DHCP сервера, то APIPA-адрес становится недоступным. Однако при работе с IPv6 сетевой интерфейс всегда имеет локальный адрес канала, даже если будет назначен другой IPv6-адрес вручную или получен от внешнего DHCP сервера.

Что касается назначения IPv6-адресов вручную, то это может быть важным при построении простейших локальных сетей, и для этого может быть полезен другой тип IPv6-адресов, а именно адреса локального узла (site-local). Для анализа такой ситуации можно, заменив имя сетевого подключению, например, на “test”, и используя утилиту netsh, выполнить ручное назначение site-local адресов каждой из виртуальных машин:

– для первой машины

```
netsh interface ipv6 add address interface="test" address=fec0:1::00c
```

– для второй машины

```
netsh interface ipv6 add address interface="test" address=fec0:1::00b
```

После выполнения в командной строке Windows XP приведенных выше команд следует проверить настройки сетевых интерфейсов (табл.4).

## Проверка настройки сетевых интерфейсов (ipconfig).

vmWinXP-1	vmWinXP-2
Настройка протокола IP для Windows test - Ethernet адаптер: DNS-суффикс этого подключения : IP-адрес . . . . . : 192.168.56.132 Маска подсети . . . : 255.255.255.0 IP-адрес : fec0:1::c%1 IP-адрес : fe80::a00:27ff:fe75:c21c%5 Основной шлюз . . . :	Настройка протокола IP для Windows test - Ethernet адаптер: DNS-суффикс этого подключения : IP-адрес . . . . . : 192.168.56.135 Маска подсети . . . : 255.255.255.0 IP-адрес : fec0:1::b%1 IP-адрес : fe80::a00:27ff:fe29:e7d3%5 Основной шлюз . . . :

Анализ текущих конфигураций сетевых интерфейсов показал, что в них появилось еще по одному адресу, а именно site-local адресу. При этом никаких изменений с локальными адресами канала связи не произошло: они не удалились, и не изменили своего значения.

Следует особо отметить, что после выполненных настроек в виртуальном сегменте Oracle VM VirtualBox стало доступно сетевое соединение виртуальных машин vmWinXP-1 и vmWinXP-2, как по IPv6-адресам канала связи, так и по IPv6-адресам локального узла (рис. 4)

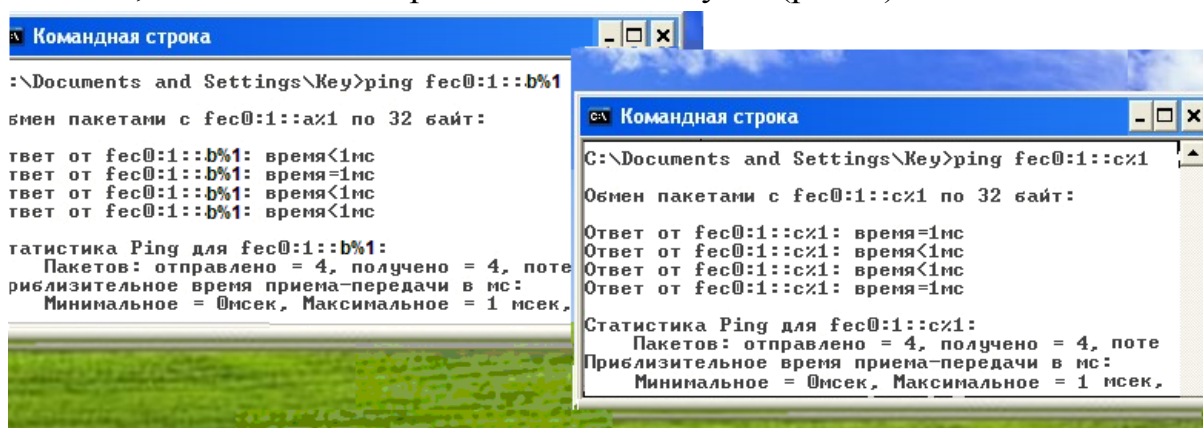


Рис. 4 Проверка соединения по IPv6-адресам локального узла

Используя утилиту ping для тестирования связи двух машин, возникает вопрос, а как один компьютер обнаруживает другой в IPv6 сети внутри одинакового префикса, и есть ли аналог arp для IPv6? Известно, что для получения MAC адресов других компьютеров в IPv6 сетях используется протокол обнаружения соседей (Neighbor Discovery Protocol, NDP) [5]. Он работает на сетевом уровне и отвечает за автонастройку адреса конечных и промежуточных точек сети, а также за ряд других функций.

В этом протоколе используется пять разных типов пакетов ICMPv6. То есть аналогом ARP для IPv6 является NDP, который полностью обеспечивается средствами протокола ICMPv6. Отдельного ARP протокола для IPv6 не существует.

Для изучения структуры пакетов ICMPv6 с использованием анализатора трафика Wireshark был произведен захват пакетов эхо-запросов и



эхо-ответов, которыми обменивались vmWinXP-1 и vmWinXP-2 в процессе выполнения команды ping (рис. 5).

```

No.    Time          Source           Destination      Protocol Length  Info
-----
1 0.00000000 fec0:1::c       fec0:1::b       ICMPv6          94 Echo (ping) request id=0x0000, s
2 0.00082400 fec0:1::b       fec0:1::c       ICMPv6          94 Echo (ping) reply id=0x0000, seq
3 0.99720800 fec0:1::c       fec0:1::b       ICMPv6          94 Echo (ping) request id=0x0000, s
* Frame 1: 94 bytes on wire (752 bits), 94 bytes captured (752 bits) on interface 0
* Ethernet II, Src: CadmusCo_75:c2:1c (08:00:27:75:c2:1c), Dst: CadmusCo_29:e7:d3 (08:00:27:29:e7:d3)
* Internet Protocol Version 6, Src: fec0:1::c (fec0:1::c), Dst: fec0:1::b (fec0:1::b)
  0110 .... = Version: 6
    [0110 .... = This field makes the filter "ip.version == 6" possible: 6]
  .... 0000 0000 .... = Traffic class: 0x00000000
  .... 0000 00.. .... = Differentiated Services Field: default (0x00000000)
  .... ..0. .... = ECN-Capable Transport (ECT): Not set
  .... ..0 .... = ECN-CE: Not set
  .... ..0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
  Payload length: 40
  Next header: ICMPv6 (58)
  Hop limit: 128
  Source: fec0:1::c (fec0:1::c)
  Destination: fec0:1::b (fec0:1::b)
  [Source GeoIP: Unknown]
  [Destination GeoIP: Unknown]
* Internet Control Message Protocol v6
  Type: Echo (ping) request (128)
  Code: 0
  Checksum: 0xd749 [correct]
  Identifier: 0x0000
  Sequence: 21
  [Response In: 2]
* Data (32 bytes)
  Data: 6162636465666768696a6b6c6d6e6f707172737475767761...
  [Length: 32]

```

Рис. 5 Структура пакета протокола ICMPv6

Анализ структуры пакетов не выявил их существенных отличий от структуры пакетов ICMPv4. Абсолютно важным явилось их инкапсуляции в пакет IPv6, структура заголовка которого существенно отличается от IPv4. Заголовок IPv6 стал проще, имеет фиксированную длину (40 байт), и хотя размер IP-адреса увеличился вчетверо (с 32 до 128 бит), длина заголовка возросла лишь вдвое. Часть полей, присутствовавших в IPv4, ликвидирована. Кроме длины заголовка это еще и контрольная сумма заголовка.

Основное изменение по сравнению с IPv6 это более длинные адреса отправителя и получателя, каждое из полей которых занимают по 16 байт. Первое поле в заголовке протокола IPv6 так же, как и в протоколе IPv4, это номер версии протокола. Оно принимает значение 4 для IPv4 и значение 6 для IPv6. Что касается других полей, то:

- Поле Класс трафика (Traffic Class) эквивалентно по назначению полю Тип обслуживания (Type Of Service). Оно необходимо для реализации качества обслуживания.
- Поле Метка потока (Flow Label) позволяет выделять и особым образом обрабатывать отдельные потоки данных без необходимости анализировать содержимое пакетов. Это очень важно с точки зрения снижения нагрузки на маршрутизаторы.
- Поле Payload Length: (16 бит) размер данных в октетах, не включая данный заголовок, но включая все расширенные заголовки.

- Затем идет поле Следующий заголовок (Next Header) является аналогом поля Протокол (Protocol) IPv4 и определяет тип заголовка, следующего за основным. Каждый следующий дополнительный заголовок также содержит поле Next Header.
- Поле Hop Limit: аналог поля Time To Live в IPv4 (8 бит).
- Поле Source Address и Destination Address: адрес отправителя и получателя соответственно; по 128 бит.

### **Заключение.**

Доказана возможность настройки протокола IPv6 на всех виртуальных машинах выбранной среды виртуализации. В результате установки протокола IPv6 ОС Windows автоматически на каждой машине сформировала IPv6-адреса. Анализ которых показал, что IPv6 адреса были автоматически назначены методом SLAAC на основе MAC-адресов.

С использованием утилиты Ping было выполнено тестирование наличия на канальном уровне сетевого соединения узлов сети по протоколу IPv6, при условии, что на всех узлах в настройках брандмауэра были даны разрешения на прохождение эхо-запросов.

Тестирование выполнялось, как при использовании IPv6 локальным адресам канала связи, так и по IPv6 адресам локального узла. Доказав возможность организации сетевого обмена в созданной виртуальной сети на базе IPv6, был выполнен захват пакетов, циркулирующих между узлами сети при работе утилиты ping, и проанализирован стек протоколов.

### **Библиографический список**

1. RFC 8200 – Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification [Электронный ресурс]. <https://tools.ietf.org/html/rfc8200> (дата обращения: 02.01.2021).
2. Википедия. Протокол IPv6 [Электронный ресурс]. <https://ru.wikipedia.org/wiki/IPv6> (дата обращения: 02.01.2021).
3. Колыгин В.С., Хабаров С.П. Исследование работы VPN на базе модели из нескольких виртуальных машин. //В сборнике: Информационные системы и технологии: теория и практика Сборник научных трудов. Санкт-Петербург, 2020. С. 62-70.
4. Кравченкова И.С., Хабаров С.П. Исследование методов маршрутизации с использованием среды виртуальных машин. //В сборнике: Информационные системы и технологии: теория и практика Сборник научных трудов. Санкт-Петербург, 2020. С. 71-79.
5. Википедия. Протокол обнаружения соседей. [Электронный ресурс]. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Протокол\\_обнаружения\\_соседей](https://ru.wikipedia.org/wiki/Протокол_обнаружения_соседей) (дата обращения: 02.01.2021).

**В. В. Лабец**, кандидат технических наук, доцент  
Военная академия материально-технического обеспечения  
имени генерала армии А.В. Хрулёва  
vetalino@yandex.ru

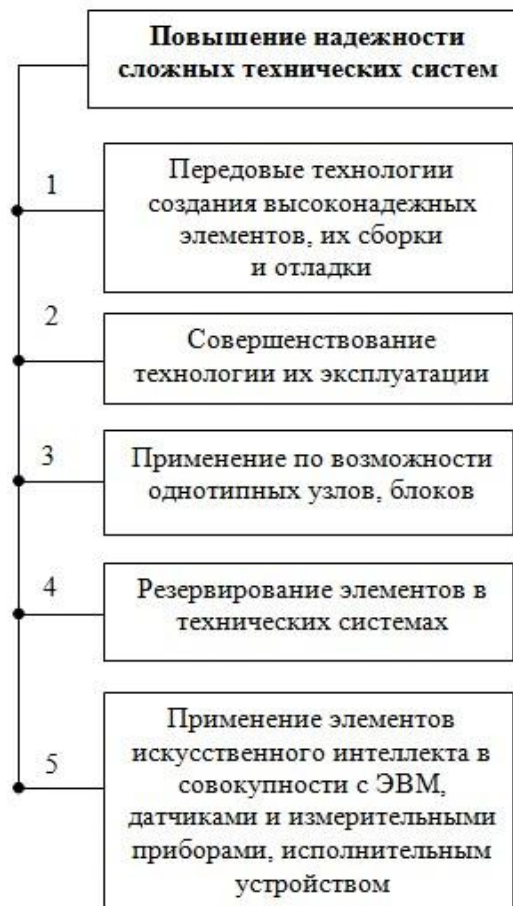
**М.П. Филяев**, доктор технических наук, профессор  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПб ГЛТУ им. С.М.Кирова  
mastkon@yandex.ru

## **К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ, ФУНКЦИОНИРУЮЩИХ В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ**

Современный уровень развития информационных технологий обусловил значительное расширение областей и сфер применения сложных технических объектов, функционирующих постоянно или длительное время в автономном режиме. К таким объектам можно отнести и беспилотные летательные и подводные аппараты, и роботизированные комплексы различного назначения, и в целом сложные технические системы, где актуально автоматическое управление. Данные технические объекты, как правило, применяются в труднодоступных районах и характеризуются повышенными эксплуатационными нагрузками. В этих условиях одним из ключевых вопросов их целевого применения является обеспечение требуемых уровней работоспособности и надежности, что является основой выполнения рассматриваемыми объектами функциональных задач в заданном объеме.

Существуют несколько взаимосвязанных путей повышения надежности сложных технических систем, представленных на рис. 1 [1]. При этом совершенствование технологии эксплуатации является одним из центральных связующих путей, поскольку его реализация опирается как на качество элементной базы, так и на применение новых подходов, обусловленных особенностями функционирования технических объектов.

Реализация в единой системе путей 3–5 позволяет существенно повысить надежность технических объектов в процессе эксплуатации и одновременно сократить эксплуатационные затраты [1]. Этот подход является основой организации автоматической эксплуатации автономно функционирующих сложных технических объектов. При этом данную систему принято называть системой автоматической эксплуатации и ремонта (АСЭиР).



**Рис. 1** Пути повышения надежности сложных технических систем

Очевидно, что первые автоматические системы эксплуатации и ремонта были предназначены для реализации в крайне сложных и важных технических объектах, таких как атомные электростанции, системы управления воздушным движением, межпланетные космические корабли и станции, спутники, баллистические ракеты. В настоящее время уровень развития информационных технологий обеспечивает возможность расширения области применения АСЭиР, в том числе для роботизированных и беспилотных систем двойного назначения.

Реализация АСЭиР в настоящее время характеризуется высокой сложностью, обусловленной наличием комплекса проблемных вопросов, как в теории, так и на практике. Однако за этими системами будущее, поэтому исследования в данном направлении ведутся довольно интенсивно.

Современный уровень фундаментальных исследований в области естествознания, системотехники, вычислительной техники и информатики позволяет описать в принципе практически реализуемую обобщенную схему автоматической эксплуатации сложных технических объектов различного назначения [2]. На рисунке 2 приведена классическая схема построения АСЭиР, которую можно назвать обобщенной, так как в нее укладываются все существующие схемы эксплуатации и ремонта сложных технических систем и комплексов.





**Рис. 2** Структурная схема автоматической эксплуатации сложного технического объекта

Таким образом, технический объект с АСЭиР должен быть сконструирован с учетом современных требований к стандартизации и унификации его элементов и блоков, что позволит иметь однотипные блоки или группы однотипных блоков его составляющих. Это позволяет при наличии в техническом объекте специально расположенных запасных блоков (ЗИПа) автоматически с помощью исполнительного элемента восстанавливать (в основном путем замен) объект, а при отсутствии ЗИПа после отказа какого-либо блока ставить на его место другой однотипный блок, выполняющий в системе менее важные функции, чем отказавший. Такая манипуляция должна быть предусмотрена при конструировании перспективных сложных технических объектов.

Тем не менее, очевидно, что применительно к сложным техническим объектам, функционирующим в автономном режиме в динамичной среде, таким как беспилотные аппараты и роботизированные комплексы, использование в них ЗИПа является весьма проблематичным вопросом. Это связано, прежде всего, с ограничениями по массогабаритным характеристикам. Данный факт обуславливает необходимость решения оптимизационной задачи, связанной с определением рационального варианта построения технического объекта, его состава и структуры с учётом особенностей функционирования и целевого предназначения.

В связи с этим разработка и применение АСЭиР практически не возможна без использования на различных этапах ее жизненного цикла методов и средств математического моделирования. Результаты анализа типового состава и структуры АСЭиР свидетельствуют о том, что формализация их функционирования аналитическими методами моделирования

практически не реализуема в виду сложности и многопараметричности рассматриваемых систем.

Наиболее эффективным путем решения данного вопроса, как показано в [3] является применение достаточно развитых в современных условиях методов и средств имитационного моделирования. Более того, в настоящее время известны и эффективно применяются специализированные инструментальные средства имитационного моделирования технических систем, такие, например, как SimInTech [4].

Применение имитационного моделирования при проектировании АСЭиР позволяет, таким образом, найти эффективные решения ряда проблемных вопросов, связанных с определением в отношении сложного технического объекта:

- рационального варианта резервирования элементов и блоков;
- рационального варианта организации системы эксплуатации, технического обслуживания и ремонта;
- рациональной структуры многопараметрической модели управления состоянием системы в процессе эксплуатации.

Эффективное решение этих вопросов в перспективе обеспечивает безопасность, удобство эксплуатации, продление срока службы технического объекта. Считается, что предпосылки к нарушению правил эксплуатации в АСЭиР могут быть практически исключены, а временные и другие затраты, связанные с внезапными, постепенными отказами, текущим, средним и капитальным ремонтами, будут резко уменьшены (по сравнению с существующими затратами для многих массовых видов машин и оборудования) и доведены до предельного минимального значения.

На основе анализа накопленного опыта целесообразно подчеркнуть, что решение оптимизационных задач на основе математического моделирования позволяет сократить затраты на эксплуатацию техники на 10%-15%. При этом должны быть заранее исследованы и определены особенности математического моделирования функционирования сложного технического объекта в целом и АСЭиР в частности, как, например, рассмотрено в [5].

Еще одно из важнейших направлений применения имитационного моделирования при разработке АСЭиР связано с практической реализацией в современных условиях информационно-управляющего блока. Перспективные беспилотные сложные технические объекты и роботизированные комплексы различного назначения предполагают реализацию в своем составе системы управления с применением элементов искусственного интеллекта (ИИ). Этот подход вполне может быть реализован и при разра-

ботке информационно-управляющего блока АСЭиР. При этом одной из ключевых проблем, связанных с применением искусственного интеллекта, является его обучение.

Для того, чтобы ИИ мог учиться эффективному поведению в определенной динамичной среде ему необходима некая виртуальная площадка, так как [6]:

- эксперименты для обучения в реальной среде недопустимо дороги и опасны;
- эксперименты при этом слишком долгие: могут потребоваться миллионы и миллиарды циклов обучения;
- использование накопленных исторических данных вместо реального объекта возможно, но ограничивает область обучения теми сценариями, которые случились и были записаны.

При этом имитационное моделирование естественным образом предоставляют мощную реалистичную виртуальную среду, позволяющую проводить безопасную тренировку и тестирование обучающихся элементов ИИ. Поэтому в настоящее время наблюдается устойчивый спрос на имитационные модели со стороны разработчиков ИИ [6].

В заключение также необходимо отметить основные этапы эксплуатации и ремонта сложного технического объекта, на которых применение АСЭиР наиболее эффективно [7]:

- диагностика;
- слежение за процессом деградации (разрегулировок, износа) объекта;
- расчет момента остановки и вывод объекта на техническое обслуживание;
- сбор статистики сбоев и отказов;
- распределение ресурсов (многоуровневая система снабжения ЗИП).

Таким образом, перед автоматическими системами эксплуатации и ремонта сложных технических объектов, функционирующих в автономном режиме, открывается довольно оптимистичное будущее. Возможность практической реализации АСЭиР в рамках совершенствования технологии эксплуатации рассматриваемых технических объектов в настоящее время обеспечивается как современным уровнем, так и перспективами развития информационных технологий и технологий искусственного интеллекта.

### **Библиографический список**

1. Половко А., Гуров С. Основы теории надежности. 2-е изд. М.: Высшая школа, 2007 – 704 с.
2. Арзамасцев Д.А., Липес А.В., Мызин А.Л. Модели оптимизации развития энергосистем. М.: Высшая школа, 1987 – 272 с.

3. Девятков В.В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития: монография. – М.: Вузовский учебник. ИНФРА-М, 2013. – 448 с.
4. Хабаров С.П. Шилкина М.Л. Основы моделирования технических систем. Среда Simintech: Учебное пособие для СПО. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 120 с.
5. Демьянов А.А., Филяев М.П., Розе А.Н. Особенности математического моделирования действий подразделений технического обеспечения в условиях Арктики // В сборнике: Технические средства и имущество для размещения военнослужащих в полевых условиях. Состояние и перспективы развития. Сборник докладов Круглого стола. Составители В.Н. Селеменев, Л.Г. Гришина. 2020. – С. 90-95.
6. Борщев А.В., Arash Mahdavi, Жеребцов А.А. Имитационные модели как виртуальная среда для обучения и тестирования искусственного интеллекта для бизнес-приложений / Труды Девятой всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2019). Екатеринбург, 2019. – С. 20-29.
7. Червонный А.А., Лукьященко В.И., Котин Л.В. Надежность сложных систем. М.: Машиностроение, 1976 – 288 с.

**Н.В. Меламед**, кандидат технических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПб ГЛТУ им. С.М.Кирова  
natali@melamed.su

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛИЗАЦИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА**

Пандемия нового коронавируса в 2020-2021 учебном году вызвала экстренный перенос обучения в середине семестра в дистанционный формат с применением технологий электронного обучения. Так, студенты СПбГЛТУ 13 ноября 2021 года были полностью переведены на дистанционную форму обучения. К концу семестра стало понятно, что проведение лекционных и семинарских теоретических занятий в дистанционном формате сложностей не вызвало и были достигнуты определенные успехи:

- К этому моменту в СПбГЛТУ образовательная платформа Moodle уже была заполнена учебными материалами и активно использовалась студентами и преподавателями. Ее сервисы позволили собрать в одном месте все учебные материалы (конспекты лекций, задания, презентации, видеолекции, записи ве-

бинаров, ссылки на основную и дополнительную литературу, ссылки на внешние ресурсы, организация удаленного общения со студентами (чат, форум, сообщения на почту) и многое другое). Так, на базе Microsoft PowerPoint, Youtube, Screencast-O-Matic и т.п. были подготовлены учебные мультимедиа материалы (записаны презентации с комментариями и видеолекции).

- Видеоконференции Zoom и Discord дали возможность в режиме реального времени общаться со студентами, читать лекции, показывать презентации, документы или запущенные докладчиком приложения.
- Многие популярные облачные сервисы (GoogleDrive, OneDrive, Dropbox, ЯндексДиск) позволили бесплатно получить виртуальное пространство для хранения файлов различных форматов и размеров, организовать совместную работу над документами с коллегами и студентами.

При проведении лабораторных и практических работ по информационным дисциплинам в дистанционном формате у автора возник очень острый вопрос – как обеспечить доступ студентов к необходимым для выполнения этих лабораторных работ программным продуктам, предоставляемым СПбГЛТУ при очном обучении?



**Рис. 1** Преимущества персонального виртуального компьютера для студентов

Дисциплины, читаемые кафедрой информационных систем и технологий, связаны с программированием, изучением теоретических и практических курсов основанных на программных пакетах, изучении операционных систем, технологий сопровождения ПО и администрирования

сложных систем, и существенно зависят от конкретной платформы техники и программ.

Задача решилась частично: 1) к отдельным видам ПО на период пандемии производители открыли бесплатный доступ, 2) большая часть студентов изыскала возможность установить на свои домашние компьютеры необходимое ПО, 3) с оставшимися пришлось работать индивидуально.

**Текущая ситуация.** В силу разных причин в настоящее время в качестве рабочих мест используются зачастую устаревшие, как морально, так и физически, персональные компьютеры, объединенные в локальную сеть. При традиционном очном обучении на кафедре ИСиТ из соображений политики информационной безопасности студентам предоставляется доступ к компьютеру во время занятий по расписанию под учетной записью «Student» с ограниченными правами и возможностями. При этом существует ряд сложностей. Вот некоторые из них:

- Каждая из компьютерных лабораторий кафедры используется для преподавания разных дисциплин, разных специальностей, требования которых к развернутому программному обеспечению зачастую входят в противоречие и бывают несовместимы.
- Для каждой дисциплины характерно выполнения циклов заданий и лабораторных работ, в том числе и группами одной и той же специальности, что приводит к необходимости изоляции, полученных результатов студентами для защиты работ в период, заданный методикой преподавания.
- В ряде дисциплин, в частности связанных с изучением настройки операционной системы и других системных параметров, возможны необратимые изменения работоспособности программного обеспечения компьютера, что может его потребовать полной переустановки.
- Значительная трудоемкость восстановления и сопровождения лабораторной среды компьютера при сбоях, неправильного использования и нехватки ресурсов.

Парк физических машин ограничивает возможности кафедры по организации удалённого обучения студентов, в частности, доступа к настроенному учебному месту. Такое положение дел заставляет задуматься о существующей ИТ-инфраструктуре, возросших требованиях к ней и возможных путях ее улучшения.

**Возможное решение.** На сегодняшний день существуют две технологии, обеспечивающие удаленную работу с ПО – это давно зарекомендовавший себя терминальный доступ RDS (Remote Desktop Service) и активно развивающаяся технология виртуализации VDI (Virtual Desktop Infrastructure) [1].

Технология терминального доступа, известная еще со времен «Мэйнфреймов», заключается в том, что на сервере терминалов одновременно работают приложения сразу для нескольких пользователей. Со сто-

роны клиента, сервером принимаются только нажатые клавиши и данные от мыши (координаты курсора, а так же состояние ее кнопок), при этом никаких требований к клиентскому устройству не предъявляются.

Виртуализация по сути – это новый уровень реализации терминального доступа к приложениям и рабочим столам, снимающий недостатки терминального доступа и имеющий большие перспективы. VDI — это решение в сфере информационных технологий, при котором физические компьютеры, устройства хранения данных, элементы сети заменяются электронными копиями. Эти электронные копии называют виртуальными, т.е. не существующими физически. Виртуальные компьютеры размещаются на серверах, причем каждый сервер может обеспечить одновременный запуск и работу до сотни виртуальных компьютеров [2- 4].

Таким образом, небольшое количество серверов способно заменить сотни физических компьютеров. Сравнительный анализ технологий по различным критериям приведен в табл. 1

Таблица 1.

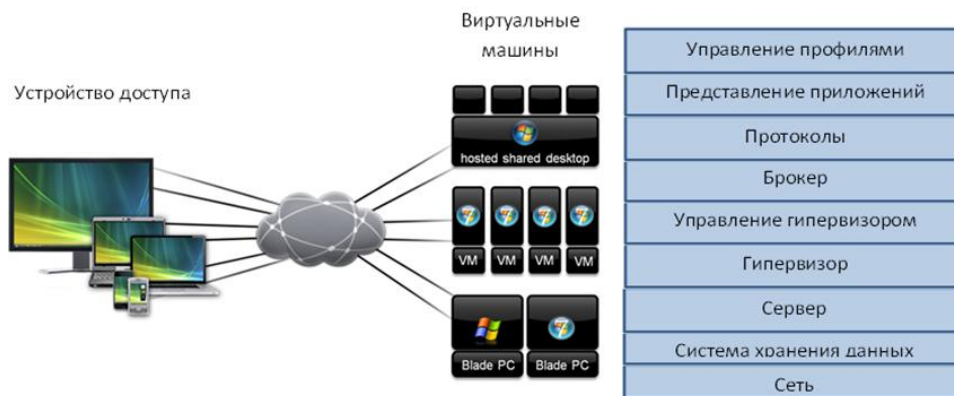
**Сравнение терминального доступа и виртуализации**

<b>Критерий</b>	<b>Терминальный доступ</b>	<b>Виртуализация</b>
Уровень изоляции пользователя	Низкий (изоляция на уровне сессии пользователя и выделенных ему ресурсов)	Высокий (изоляция виртуальных машин)
Гибкость действий пользователя	Пользователь работает с ограниченными правами	У пользователя могут быть полные права
Работа с программным обеспечением	Устанавливается только на сервере, есть ограничения на запуск и работу ПО	Нет ограничений на запуск и работу ПО
Стоимость использования	Низкая	Высокая

Ключевым отличием решений виртуализации рабочего стола и терминального сервера является уровень изоляции ресурсов для пользователей. На терминалы пользователей устанавливаются специальные приложения, которые дают им возможность работать с отдельными сессиями на терминальном сервере. Однако в терминальном режиме можно запустить не каждое приложение. При терминальном доступе изоляция пользователей происходит на уровне сессии. И если какое-то приложение вызывает сбой на уровне операционной системы, то вместе с пользователем, вызвавшим сбой, перезагрузятся и остальные пользователи, работающие на этом же сервере.

Основное различие между решениями RDS и VDI в том, что если в RDS у всех пользователей рабочий стол выглядит одинаково (берётся с удалённого сервера), то в VDI каждый пользователь может иметь свой собственный рабочий стол, т. е. полностью эмулируется работа на персональном компьютере.

Главным плюсом обеих технологий является *централизованное управление*. Как при использовании технологии виртуализации, так и при терминальном доступе, все приложения выполняются не на клиентских компьютерах, а на сервере, а клиенту передается лишь результат обработки данных в форме изображения. Такие существенные недостатки технологии RDS как ограниченный набор приложений (например, AutoCad) и ограниченный доступ к приложениям с правами администратора (необходимо при изучении информационных дисциплин) говорит о том, что технология VDI содержит в себе большое количество преимуществ (рисунок 2) и является более предпочтительной для учебного процесса.

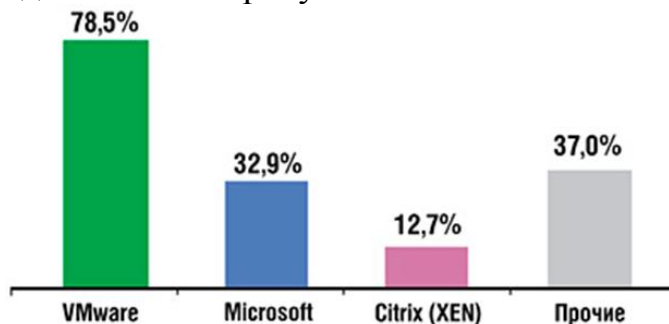


**Рис. 2** Архитектура VDI

Концептуально архитектуру VDI можно представить следующим образом (Рисунок 3).

### Анализ существующих решений

Исследование рынка программного обеспечения для виртуализации показывает, что программные решения представлены достаточно широко. Консалтинговое агентство iKS-Consulting в начале 2018 г. провело исследование российского рынка серверной виртуализации, в ходе которого оценивалась распространенность решений крупнейших игроков этого рынка. Было опрошено около 130 компаний [5]. Респондентов просили сообщить, какой платформой серверной виртуализации они пользуются. Результаты опроса представлены на рисунке 3.



*Источник: опрос iKS-Consulting, 2018 г., респонденты могли называть несколько платформ виртуализации*

**Рис. 3** Использование платформ серверной виртуализации в России (процент опрошенных)



Citrix. Главным преимуществом данной системы является то, что Citrix поддерживает не только свой гипервизор. К недостаткам можно отнести сложность в установке и настройке, отсутствие встроенной поддержки пулов в которых виртуальная машина автоматически закрепляется за пользователем.

Microsoft. Здесь одним из преимуществ является размер компании и объем финансирования, которое они готовы вкладывать в развитие своей платформы. Основной недостаток – весьма ограниченный список поддерживаемых операционных систем, отсутствие полноценной «живой» миграции виртуальных машин.

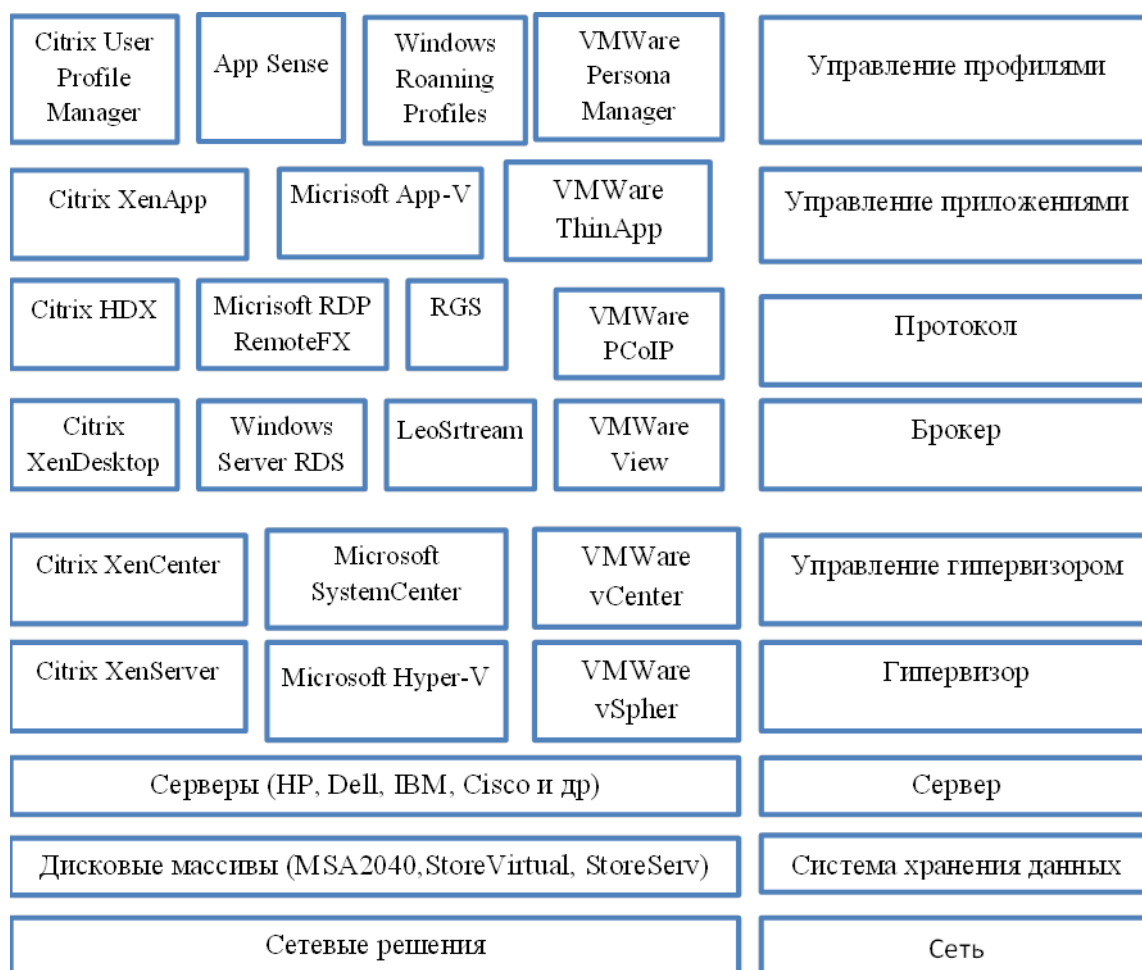
VMware. Преимущества: значительно меньший размер гипервизора по сравнению с тем же Microsoft, *большое количество поддерживаемых гостевых ОС*, полноценная «живая» миграция. К недостаткам можно отнести достаточно высокую стоимость программного обеспечения и поддержки. Решение VMware View показало себя как наиболее подходящее для поставленных задач.

Таблица 2

**Сравнительные характеристики для выбора между VMWare, Microsoft и Citrix**

Характеристика	VMWare	Microsoft	Citrix
Используемый гипервизор в ЦОД	VMWare ESX VMWare ESXi	Microsoft Hyper-V	Гипервизор VMWare или Microsoft
Объем памяти, выделяемый гипервизору	2	10 – для Windows Server 2008 2.6 – для Windows Server Core	Зависит от выбранного гипервизора
Операционная система гипервизора	Встроенная	Windows 2019x64 Standart/Enterprise/Datacenter Edition	Зависит от выбранного гипервизора
Поддержка нулевых клиентов	Да	Нет	Да
Поддерживаемые операционные системы	Microsoft Windows, Red Hat, SUSE Linux, FreeBSD, Net Ware, Solaris 10	Microsoft Windows, SUSE Enterprise Linux	Microsoft Windows
Удобство администрирования	Высокое	Низкое	Зависит от выбранного гипервизора
Живая миграция	Есть	Есть (с некоторыми ограничениями)	Есть
Протоколы соединения клиента с сервером	RDP, PCoIP, HTML, Access	RDP	HDX
Требования к пропускной способности	Зависит от выбранного протокола (для PCoIP – невысокие, для HTML, Access – низкие)	Высокие	Невысокие

С одной стороны, архитектура VDI включает в себя устройство доступа (устройством доступа может быть огромное число различных устройств, начиная от смартфона, планшета и заканчивая так называемыми тонкими клиентами), а с другой стороны – есть сервер, сеть, гипервизор и т.д. (программных продуктов – много, вендеров – много, гипервизоров – много, решений по хранению данных – также множество). А значит – перед нами многокритериальная задача выбора, требующая для своего решения системного подхода (рисунок 4). Решение ее – тема отдельного исследования, не лежащего в рамках этой статьи.



**Рис. 4** Задача выбора виртуализации рабочих мест

Следует заметить, что многие зарубежные и отечественные университеты уже давно занимаются внедрением виртуальных рабочих мест.

Университет Беркли одним из первых (2008-2009 г.г.) реализовал пилотный проект по тестированию технологии виртуализации VDI. В этом проекте выбор осуществлялся между технологиями VMWare, Citrix и MoKaFive. Проект реализовывался на основе технологии VMWare View [6].

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса один из первых отечественных Вузов (2012-2013), успешно внедривших VDI на основе VMWare View и нулевых клиентов (330 рабочих мест) [7]. В Самарском государственном аэрокосмическом университете имени акаде-

мика С.П. Королёва в 2012 г начали в тестовый режим внедрение VMware View, а к 2015 году года все сервисы вуза были полностью переведены на систему виртуализации [8]. Северо-Кавказский федеральный университет с 2014 года использовал в компьютерных классах пилотные зоны VDI на платформе VMware, а к 2017 году добился успешной интеграции технологии Nvidia GRID в научно-исследовательский и учебный процесс ведущих кафедр университета [9]. В Южно-Уральском государственном университете создана инфраструктура виртуальных рабочих мест на базе на базе Microsoft Hyper-V Server и Citrix XenDesktop (2016 г.) [10]. Владимирский государственный университет в качестве основной платформы виртуализации выбрал Microsoft Hyper-V. Тем не менее, в университете используется и система на основе VMware ESXi, лицензированная для академического использования [11].

Данный список внедрений технологий виртуализации является далеко не полным, но он очень наглядно показывает актуальность и востребованность в Вузах подобных решений. В настоящее время СПбГЛТУ им. С.М.Кирова динамично развивается и не может оставаться в стороне от этого процесса цифровизации образования. Очевидно, что внедрение виртуализации в ИТ-среде университета – это масштабный проект, который потребует на начальном этапе внедрения нескольких пилотных площадок, одной из которых может стать кафедра информационных систем и технологий.

### **Библиографический список**

1. Т. Лимончелли, К. Хоган, С. Чейлап. Системное и сетевое администрирование. Практическое руководство, СПб:- Символ-Плюс, 2009 г, 944 с.
2. Технологии виртуализации [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/673/529/lecture/11915>. (Дата обращения: 28.11.2020 г)
3. Что такое виртуальная машина [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.reg.ru/support/vydelennyye-servery-i-dts/virtualnyj-datatsentr-vmware/sozдание-i-nastrojka-virtualnyh-mashin/chto-takoe-virtualnaja-mashina>. (Дата обращения: 1.12.2020 г.)
4. Разновидности виртуальных машин [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.xelent.ru/blog/raznovidnosti-virtualnykh-mashin/> (Дата обращения: 1.12.2020)
5. Российский рынок серверной виртуализации: тенденции и игроки [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.iksmedia.ru/articles/5542238-Rossijskij-rynok-servernoj-virtuali.html> (дата обращения: 2.12.2020)
6. Holub T, Means R. Desktop virtualization pilot project. - Berkeley: Technology Program Office, 2009. [ Электронный ресурс] Режим доступа: [http://technology.berkeley.edu/cio/presentations/Desktop\\_Virtualization\\_Pilot.pdf](http://technology.berkeley.edu/cio/presentations/Desktop_Virtualization_Pilot.pdf).

7. М. А. Вышиванов, Д. В. Гмарь, В. В. Крюков, К. С. Нагорняк, К.И.Шахгельдян. Внедрение и использование в университете технологии виртуализации рабочих мест. - Системы и средства информатики, 2014г, Том 2, №1, с. 193-212.
8. VMware для образования: как виртуализация повышает качество учебного процесса в Самарском государственном аэрокосмическом университете имени академика С.П. Королёва [Электронный ресурс] // Режим доступа:  
<https://www.vmware.com/content/dam/digitalmarketing/vmware/ru/pdf/customers/vmware-ssau-15q4-ru-cs.pdf> (дата обращения 3.12.2020)
9. NVIDIA GRID ускоряет исследования в СКФУ [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.ncfu.ru/university/novosti/news-detail/NVIDIA-GRID-uskoryaet-issledovaniya-v-SKFU> (дата обращения 3.12.2020).
10. Создание инфраструктуры виртуальных рабочих мест (VDI – Virtual Desktop Infrastructure) на базе Microsoft Hyper-V Server и Citrix XenDesktop. ЮУрГУ. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://softline.ru/about/projects/susu> (дата обращения: 4.12.2020).
11. Владимирский государственный университет сделал выбор в пользу Hyper-V. [Электронный ресурс] // Режим доступа: Владимирский государственный университет сделал выбор в пользу Hyper-V ([tadviser.ru](http://tadviser.ru)) (дата обращения 10.12.2020).

**В. С. Соловей**, инженер  
АО “Кронштадт Технологии”  
[walbel@mail.ru](mailto:walbel@mail.ru)

**С. П. Хабаров**, кандидат технических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПб ГЛТУ им. С.М.Кирова  
[serg.habarov@mail.ru](mailto:serg.habarov@mail.ru)

## **РАСПРЕДЕЛЁННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ УЗЛОВ СЕТИ В СУДОВЫХ СИСТЕМАХ ДАУ**

### **Введение.**

Сегодня, при строительстве и модернизации судов, полным ходом осуществляется переход на новую элементную базу, в особенности внедрение цифровых технологий в системы дистанционного автоматизированного управления (ДАУ) с передачей сигналов от задающих органов постов управления по цифровым каналам данных [1]. Это связано с тем, что цифровой канал передачи данных является более надежным, а самое главное при грамотном подходе он проще поддается диагностике неисправностей. Кроме того, использование вместо аналоговых кнопочных пультов

[2], цифровых панелей контроля и управления (ПКУ), работающих в единой сети позволяет заметно снизить массогабаритные показатели пультов управления и повысить их эргономические показатели.

Однако, хотя сетевая структура и позволяет более гибко решать задачи по управлению и контролю механизма, но требует более обдуманного подхода при выборе протокола передачи данных и особенно организации сетевой структуры управления. На современных судах в качестве среды передачи данных, как правило, используют медные провода либо оптоволоконный кабель, а протоколами передачи данных могут выступать Ethernet или CAN, которые зарекомендовали себя как достаточно надежные в судовых условиях.

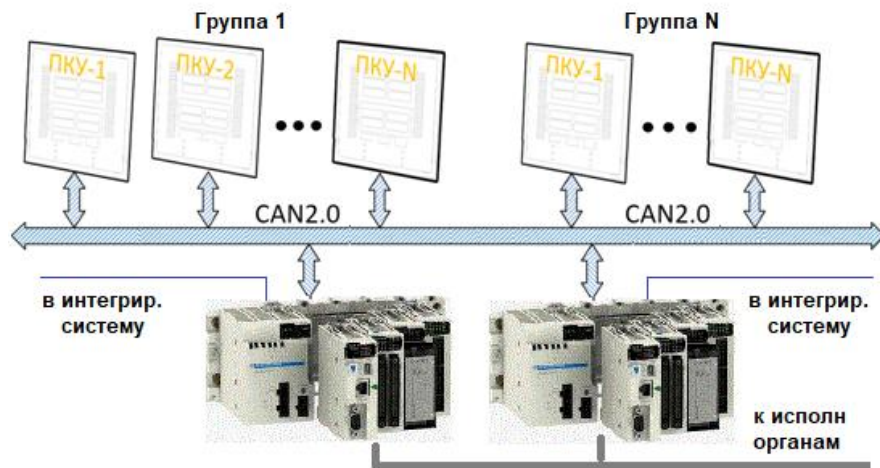
Наиболее предпочтительно, особенно в условиях разграниченного доступа к сети, где есть необходимость смены ведущих узлов применять протокол CAN. Благодаря специальным алгоритмам, используемым в приемно-передающих устройствах, CAN обеспечивает низкую ( $\sim 4,7 \times 10^{-11}$ ) вероятность ошибки передачи в среде с высоким уровнем электромагнитных помех [3]. Система приоритетов передаваемых сообщений позволяет регулировать срочность передачи сообщений в сети – внеочередная передача приоритетных сигналов управления, а также сигналов отказов.

### **Постановка задачи и объект исследования.**

Основным требованием к современным системам ДАУ является высоконадежное управление исполнительными органами с одного из доступных постов управления с возможностью организации, как автоматизированного переключения между постами, так и автоматического, в соответствии с заданным приоритетом, переключения на другой пост при обнаружении сбоя или отказа в работе текущего поста или канала связи.

В этих условиях представляется актуальной задача разработки и построения распределенной системы управления, обеспечивающий наряду с решением основной задачи полноценный мониторинг состояния всех элементов системы с возможностью реконфигурации системы при отказе одного из ее элементов.

Один из возможных вариантов структуры системы, которая реализует поставленную выше задачу, в несколько упрощенном варианте представлен на рис. 1. Данная распределенная система включает в свой состав два прибора управления (ПУ) и несколько ПКУ (со своими задающими органами), объединенные в единую CAN-сеть. В данной структуре может быть произвольное количество ПКУ с различным приоритетом доступа к шине данных. Отдельные ПКУ могут быть объединены в группы, что позволяет гибко конфигурировать приоритетность адресации работы алгоритма.



**Рис. 1** Структура системы управления работой механизма

Особенность данной структуры состоит в том, что вычисления осуществляют независимые процессы, взаимодействующие путем передачи сообщений для обмена данными и координации своих действий. Время, затрачиваемое каждым процессом различно, а доставка сообщений занимает случайное время. Поэтому точность, с которой процессы могут координировать свои действия, ограничена такими временными задержками и сложностью представления единого времени среди всех узлов распределенной системы. Однако, следует принять во внимание, что для проектируемой системы:

- время выполнения каждого отдельного действия любого процесса ограничено снизу и сверху известными значениями;
- задержка доставки каждого сообщения от одного процесса к другому не превышает известный предел;
- каждый процесс имеет свои локальные часы со своей скоростью отклонения от точных показаний, не превышающей известное значение.

Возможность заранее определить отмеченные выше временные ограничения позволяет проектируемую систему рассматривать, как синхронную распределенную систему. В ней для линейного упорядочивания событий распределенного вычисления можно использовать скалярное время Лэмпорта, позволяющее отображать множество событий распределенного вычисления на множество неотрицательных целых чисел [4].

### **Методика исследования.**

Предложенный подход к построению судовой системы ДАУ потребовал в процессе анализа технических требований к ее функционированию и четкого определения, как структуры, так и типов сообщений (поток), циркулирующих между узлами сети:

- высокоскоростные – потоки с данными о заданных и текущих значениях положений исполнительных органов;

- низкоскоростные – информационные и управляющие сообщения о текущем состоянии, как основного агрегата, так и системы в целом, включая нажатия кнопок на ПКУ.

Управление работой агрегатом (задание управляющих сигналов, передача управления с поста на пост, взаимодействие с панелями) осуществляется с поста управления, пример которого приведен на рис. 2. Он включает в себя ПКУ, обеспечивающую переключение постов, контроль состояния механизма и системы управления, а также обработку и передачу управляющих воздействий от задающего органа.

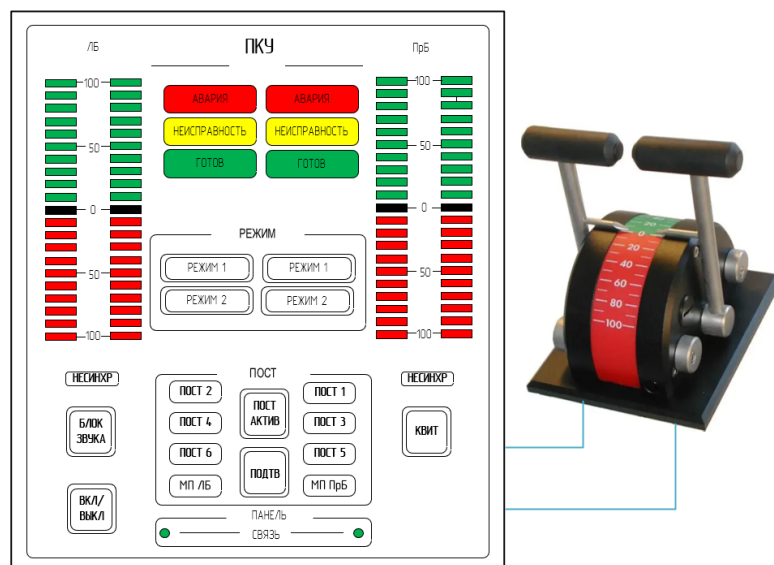


Рис. 2 Пример организации поста управления с ПКУ

При реализации структуры управления предусматривается, что один ПУ является ведущим, а другой ведомым. Ведущий обеспечивает контроль состояния ведомого и работу всех алгоритмов управления с постов. При отказе ведущего, ведомый занимает его место, управляя только «своим» агрегатом. Ведущий ПУ управляет, в том числе и процессом переключения постов, о чем сообщает в своем сообщении всем постам и ведомому прибору. Все приборы системы имеют синхронизацию по времени и моментам возникновения событий. Ведущий ПУ рассылает панелям регулярные широкосетчатые (broadcast) сообщения двух типов:

- msg1 - об общем состоянии системы и состоянии общих кнопок, где формируется заголовок (группа), в котором учитывается режим работы ПКУ, есть ли отказы и т.д.;
- msg2 - о текущем состоянии панелей.

Ведомый ПУ в общую сеть посылает сообщения третьего типа (msg3), в которых содержится информация об его общем состоянии и состоянии управляемого им механизма, а также информация о статусе постов управления, формируемая из сообщений ведущего прибора. Ведущий ПУ на каждом шаге принимает msg3 от ведомого прибора о различных его состояниях и сохраняет их в своем массиве состояний (который обнуляется на каждом шаге), а затем пересылает их на ПКУ, а также учитывает их в

алгоритмах работы системы. Оба ПУ на каждом цикле осуществляют передачу состояний своей работы (внутренней и с ПКУ) непосредственно к механизмам.

Процесс переключения («подхват») обменом с постами с одного ПУ на другой обеспечивается за счет того, что им обоим на каждом интервале работы системы доступны состояния друг друга. Для всех интервалов работы алгоритмов при управлении с постов опорным является интервал пересылки сообщения первого типа (msg1). В ответ на регулярные сообщения от ПУ панели формируют обратные сообщения следующих типов:

- от каждой из панелей о текущем состоянии ее задающих органов;
- от активной панели о нажатии различных кнопок управления;
- от активной и пассивной панели о нажатии кнопки запроса или подтверждения с другой панели.

Нажатия обрабатываются внутри ПКУ, и все остальные ПКУ прекращают передавать в сеть все низкоскоростные сообщения, до тех пор, пока не будет нажата, например, кнопка передачи управления. Данный подход позволяет значительно разгрузить сеть, а самое главное свести к минимуму ситуации, когда сообщения приходят с нарушением временной последовательности их отправки.

Для снижения общей нагрузки на сеть в ПКУ введены ограничения на формирование сетевых сообщений при нажатии на них управляющих кнопок. Для активной панели – это обработка нажатий любых кнопок, а для остальных – только кнопок запроса, квитирования АПС и т.п. Благодаря тому, что каждая из ПКУ «отслеживает» сообщения, рассылаемые всеми остальными ПКУ, достигается возможность определения статуса каждой из них. Признак нормальной работы каждого поста формируется на основе регулярности отправки этим постом посылок с данными о положении задающего органа (RPM).

Положение рукоятей всех пассивных ПКУ сохраняется на каждом шаге формирования msg1. Отказом поста считается потеря с ним связи, т.е. прерывание высокоскоростного потока с данными о положении задающих органов. Если в течение заданного интервала времени отказавший пост начнет работать нормально, а взятие управления другим постом еще не произошло, то система, сохранив в буфере предыдущие состояния ее узлов, проводит свою реконфигурацию и восстанавливает управление с временно отказавшего узла.

При начальном старте работы системы для того, чтобы ведущий ПУ успел зафиксировать текущую конфигурацию всех ПКУ, необходимо выполнить несколько тактов рассылки сообщения msg1 без анализа остальных сообщений. Количество тактов определяется при наладке системы с учетом того, что при изменении состояния ПКУ алгоритм управляющего прибора успевавал учесть возможные изменения в конфигурации системы.



Линейное упорядочивание всех событий распределенного вычисления осуществляется по определенным параметром StartChange интервалам скалярного времени, значение которых формируется на основе предыдущих состояний системы, текущих событий, а также их взаимосвязей. Так, например, если в процессе работы какого-то алгоритма происходит событие, то осуществляется переход на другую ветку алгоритма (переход между тактами работы системы). Отсчет данных интервалов привязан к сообщению msg1, переход на тот или иной интервал осуществляется по RPM от панелей и сообщении о нажатиях.

В качестве иллюстрации процесса функционирования распределенной системы ДАУ рассмотрим основные алгоритмы работы и процессы, реализованные в каждом из узлов сети, с учетом процессов их взаимодействия между собой. В частности в первом ПУ циклически, с частотой формирования и отправки сообщения типа msg1, осуществляется:

- после запуска, формирование и отправка сообщения типа msg1;
- попытка обнаружения этим ПУ второго ПУ на основе получения от него сообщений msg3 с подсчетом числа попыток;
- получение информации о работе второго ПУ и управляемого им агрегата на основе сообщения типа msg3;
- проверка состояния режимов работы всех панелей по хранящему в ПУ массиву Panels, сформированному на основе полученных от всех панелей на предыдущих шагах RPM-сообщений;
- на основе данных о состоянии системы (управляемого агрегата, ПКУ и 2-го ПУ) выполняется заполнение массива состояния (SostDev1);
- формирование и отправка сообщения типа msg2 на основе сообщений от ПКУ, которое учитывает типы отказов панелей;
- обработка различных режимов работы системы (переход между тактами работы системы), таких как режимы переключения постов и отказы в работе активной ПКУ;
- контроль перемещения задающего органа и формирование на его основе управляющего воздействия на механизм;
- сохранение на каждом шаге положений всех рабочих органов.

Отличительной особенностью второго ПУ является то, что в качестве основных алгоритмов и процессов, реализованных в нем, циклически с частотой формирования и отправки сообщения msg1 осуществляется:

- контроль состояния механизма и формирование массива состояния (SostDev2);
- прием от первого ПУ сообщения типа msg1 и извлечение из него данных о статусе ПКУ (передача управления между постами);
- прием от ПКУ сообщений о положении задающего органа;

- прием от ПКУ сообщений о нажатии кнопок, относящихся к агрегату, который управляется вторым ПУ (квитирование АПС);
- формирование и отправка сообщения msg3 об общем состоянии системы прибора и состоянии общих кнопок ПКУ.

Всеми постами управления (ПКУ) циклически с частотой формирования и отправки сообщения msg1 осуществляется:

- формирование и отправка в ответ на сообщение msg1 сообщения о положении задающего органа (RPM);
- на основе msg1 и принадлежности данной ПКУ к определенной функциональной группе определение статуса конкретной ПКУ (активная панель, пассивная панель или др.);
- на основе принадлежности панели к определенной функциональной группе обработка соответствующего события (или отказ в его обработке), а также формирование соответствующего сообщения (о нажатии конкретных кнопок).

### **Заключение.**

Таким образом, предложена структура организации сетевого управления судовым механизмом, которая функционирует благодаря разделению сообщений на последовательность низкоскоростных и высокоскоростных потоков и использованию синхронизации по времени и моментам возникновения событий. Это позволяет реализовать возможность контроля, как процесса функционирования системы, так и работы алгоритмов и обеспечить быстрое восстановление ее работы при различных нештатных ситуациях.

### **Библиографический список**

1. Корчанов В.М., Скороходов Д.А. Интеллектуальные вопросы для решения в интегрированных системах управления судами. Морские интеллектуальные технологии. 2010. № 5. С. 68-73.
2. Амбросовский В.М., Веприк В.Г, Жуковский С.Г., Лукомский Ю.А., Хабаров С.П. Устройство для управления движительно-рулевым комплексом судна на воздушной подушке. Авторское свидетельство № 1354575 от 22.07.1987
3. CAN specification 2.0, part A, part B. – CAN in Automation, www.can-cia.org (дата обращения 20.12.2020).
4. Косяков М.С. Введение в распределенные вычисления. – СПб. НИУ ИТМО. 2014. – 155 с.
5. Хабаров С.П., Шпекторов А.Г. Проектирование и исследование распределенных судовых систем управления техническими средствами в среде SimInTech. // Морские интеллектуальные технологии. 2019. № 4-2 (46). С. 181-187. eISSN 2588-0233, ISSN № 2073-7173. Web of Science

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДОРОГ И ИХ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ**

### **Введение.**

На долю Российской Федерации приходится почти четверть мировых лесов. Но надо учитывать, что большую часть российских лесных ресурсов невозможно использовать в настоящее время. Во многом лесопромышленники объясняют это с проблемой проектирования инфраструктуры, в том числе строительство лесовозных дорог. Ситуация вынуждает лесозаготовителей строить дороги за свой счет, поэтому, как правило, они сооружаются с минимально допустимыми затратами. Однако в дорожном строительстве, чем больше средств вложено в проектирование и строительство дороги, тем меньше потребуются затрат на их ремонт и содержание.

В том числе автомобильные дороги и дорожные сооружения в процессе эксплуатации подвергаются многократному и многолетнему воздействию природно-климатических факторов и воздействию движущихся автомобилей.

При проектировании лесных дорог на лесном участке определяют ее грузооборот и суммарную интенсивность движения расчетных автомобилей. Полученная суммарная интенсивность движения расчетных автомобилей за весь срок службы используется для расчета дорожной одежды, которая позволит уменьшить действие отрицательных факторов. Именно поэтому расчет дорожной одежды является одним из важных элементов проектирования дорог.

Исходя из выше перечисленного, в настоящее время проблема проектирования дорожной одежды для лесного хозяйства становится все более и более актуальной.

### **Автоматизация расчета конструкции дорожной одежды**

Автоматизация расчета конструкции является важной проблемой. Стандартная конструкция автомобильной дороги представляет собой дорожную одежду и земляное полотно, на которое опирается дорожная одежда.

Дорожной одеждой принято называть конструктивный элемент автомобильной дороги, представляющий собой многослойное искусственное сооружение, каждый слой которого выполнен из дорожно-строительного материала разной прочности. Он воспринимает нагрузку от транспортных средств, передает ее на грунт земляного полотна и обеспечивает расчетный срок службы и транспортно-эксплуатационные показатели дороги.

Возникающие в дорожной одежде вертикальные и горизонтальные напряжения от воздействия транспорта теряют свою силу с глубиной. Это объясняется многослойностью конструкции дорожной одежды.

Прочность конструкции количественно оценивается величиной коэффициента прочности

$$K_{\text{пр}} = \frac{l_{\text{доп}}}{l} = \frac{E_{\text{об}}^{\text{тр}}}{E_{\text{об}}},$$

где:

$l_{\text{доп}}$  - допустимый общий прогиб конструкции под нагрузкой;

$l$  - общий прогиб конструкции под нагрузкой;

$E_{\text{об}}^{\text{тр}}$  - требуемый общий модуль упругости конструкции, определяемый при расчетной нагрузке;

$E_{\text{об}}$  - расчетный общий модуль упругости конструкции, определяемый при расчетной нагрузке.

Типовая дорожная одежда состоит из 2 конструктивных элементов:

- Дорожного покрытия (верхнего слоя или пакета слоев дорожной одежды).
- Дорожного основания (нижнего слоя или пакета слоев дорожной одежды).

Дорожное покрытие - верхняя, наиболее прочная часть дорожной одежды. Именно оно воспринимает нагрузку от транспортных средств и подвергается воздействию погодно-климатических факторов. Дорожное покрытие обеспечивает такие транспортно-эксплуатационные свойства дороги как ее ровность и коэффициент сцепления (шероховатость). При этом коэффициент сцепления рассчитывается по формуле

$$\varphi = \frac{k_{\text{рм}} * P_{\text{тяг}}}{N * \text{tg } \alpha},$$

где:

$P_{\text{тяг}}$  - сила, возникающая в тяге рулевого управления;

$k_{\text{рм}}$  - коэффициент, учитывающий особенности конструкции рулевого управления конкретной марки автомобиля;

$N$  - нормальная нагрузка от колеса на дорожное покрытие;

$\alpha$  - угол схождения колес управляемых колес.

В зависимости от типа дорожной одежды, а также категории автомобильной дороги, дорожное покрытие может включать следующие слои: слой износа, верхний пакет слоев, нижний пакет слоев.

Слой износа - это тонкий поверхностный слой дорожного покрытия, прокладываемый для повышения шероховатости покрытия, увеличения срока службы верхнего слоя покрытия за счет исключения его износа, а также для защиты конструктивных слоев дорожной одежды от влаги.

Дорожное основание - нижняя часть дорожной одежды, расположенная под дорожным покрытием и предназначено для перераспределения и снижения давления на грунт земляного полотна, а также обеспечивающее морозоустойчивость и осушение всей дорожной конструкции [1-3].

## **Информационные технологии, используемые для строительства дорог**

Среди аналогичных программ на рынке программного обеспечения были исследованы 3 продукта.

1. Программа научно-производственной фирмы "ТОПОМАТИК": Расчет дорожной одежды нежесткого типа по ВСН 46-83 [4]. Данная программа выполняет расчет на стандартные нагрузки А1, А2, А3 или любую другую составляющую не менее 10 % от состава грузового движения. В качестве исходных данных задаются интенсивность движения дороги и коэффициент прироста интенсивности движения. Требуемый модуль упругости и допускаемое напряжение на изгиб определяются с учетом количества проходов транспорта по одному следу за срок службы дорожной одежды. Расчетные характеристики конструктивных слоев дорожной одежды выбираются из базы данных. Имеется возможность вводить в базу данных новые материалы. Программа позволяет выполнять перебор толщин слоев дорожной одежды в заданных пределах. Варианты конструкций упорядочиваются по критерию стоимости.

2. Программа компании "Autodesk": CIVIL 3D [5]. Данная программа предназначена для моделирования поверхностей, моделирования коридоров, проектирования стройплощадки, ливневой и хозяйственно-бытовой канализации, планирования производства и выпуска документации. Она позволяет использовать и просматривать данные облаков точек; создавать поверхности на их данных; создавать динамические поверхности; проектировать земельные участки; проектировать модели рельефа для профилирования; получать характерные линии с поверхности или относительно нее, чтобы они обновлялись с учетом изменений поверхности; моделировать коридоры; извлекать несколько характерных линий одновременно; создавать листы плана/плана и профиля/профиля, включая несколько листов вида в плане или вида профиля на один лист; создавать аннотированные производственные планы; создавать быстрые ссылки на данные и использовать их совместно; создавать профессиональные визуализации. Имеет инструменты проектирования систем хозяйственно-бытовой и ливневой канализации, динамические модели позволяющие управлять ливневыми стоками.

3. Программы компании «Кредо-Диалог»: КРЕДО ДОРОГИ [6]. Назначение данной программы – проектирование автомобильных дорог в условиях нового строительства, реконструкции и ремонта. Реализована концепция информационного моделирования, позволяющая получить не только привычные выходные документы в виде набора чертежей и ведомостей, но и полноценную информационную модель объекта транспортной инфраструктуры, обеспечивая контроль принятых проектных решений на всех этапах жизненного цикла. Система позволяет проектировать автомобильные дороги всех технических категорий. Универсальные возможности трассирования позволяют создавать многоуровневые транспортные развязки любой конфигурации. Возможно выполнение проектов любых типов

– от быстрого эскизного проектирования новых магистралей до детального ремонта существующих дорог. Сравнение программ по ключевым показателям представлено в табл. 1.

Таблица 1.

Сравнительная таблица ПО

Функционал	Топоматик Robur	CIVIL 3D	КРЕДО ДОРОГИ
Сфера использования	расчета нежестких и жестких дорожных одежд автомобильных дорог общей сети и городских дорог и улиц	проектирования объектов транспортной инфраструктуры, на основе технологии информационного моделирования объектов строительства	проектирование автомобильных дорог в условиях нового строительства, реконструкции и ремонта
Наличие пробной версии	-	+	+
Расчёт д/о нежесткого типа по упругому прогибу	+	-	+
3D моделирование	-	+	+
Возможность коллаборации	-	+	+
Вывод данных в отчетной форме	+	+	+
Системные требования	2 ГБ ОЗУ, 32-разрядная система	16 ГБ ОЗУ, 64-разрядная система	4 ГБ ОЗУ, 32-разрядная система
Цена	43900 руб за 1 ключ	108140 руб/год	17340 руб/год

### Заключение и выводы.

На сегодняшний день внедрение информационных систем и технологий обрело стремительные темпы развития. Автоматизация производств внедрилась в лесохозяйственную сферу деятельности, а создание приложений существенно уменьшило трудозатратность выполнения многих лесных работ. В результате исследования был проведен анализ современного состояния автоматизации процесса проектирования лесных дорог и программного обеспечения, существующего на рынке на сегодняшний день для расчета дорожной одежды при проектировании дорог.

Вывод: несмотря, на то, что рассмотренное в этой статье программное обеспечение имеет широкие возможности, их функционал всё ещё остается направлен на расчет дорожных одежд автомобильных дорог общей сети и городских дорог и улиц. Исходя из этого, на данный момент существует потребность в разработке современного узконаправленного и недорогого программного обеспечения для расчёта дорожной одежды лесохозяйственных дорог.

## Библиографический список

1. Малышев А.А. Проектирование дорожных одежд - Омск.: Издательство СибАДИ, 2008. – 145 с.
2. Дороги лесные. Проектирование и строительство: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации // Свод правил. 1 редакция. – М., 2015. – 67с.
3. Корочкин А.В., Косцов А.В. Конструирование дорожных одежд нежесткого типа. Учебное пособие - М., 2018. – 81с.
4. ВСН 46-83. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. Ведомственные строительные нормы: Внесена Государственным всесоюзным дорожным научно-исследовательским институтом Союздорнии, согласована Госстроем СССР 20 сентября 1982 г. N ДП-5231-1, утверждена распоряжением Министерства транспортного строительства от 29 апреля 1983 г. N ЛН-550. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200006774> (дата обращения: 10.01.2020).
5. Программное обеспечение для проектирования объектов инфраструктуры и выпуска документации CIVIL 3D – URL: [www.autodesk.ru/products/civil-3d/overview?plc=CIV3D&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1](http://www.autodesk.ru/products/civil-3d/overview?plc=CIV3D&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=1)
6. Программное обеспечение для проектирования автомобильных дорог в условиях нового строительства – URL: [www.credo-dialogue.ru/produkty/korobochnye-produkty/379-credo-dorogi-naznachenie.html](http://www.credo-dialogue.ru/produkty/korobochnye-produkty/379-credo-dorogi-naznachenie.html)

**А. Р. Сулимова**, магистр 1 курса  
СПб ГЛТУ им. С.М.Кирова  
Кафедра информационных систем и технологий  
[nastena\\_sulimova@mail.ru](mailto:nastena_sulimova@mail.ru)

## 3D-ПЕЧАТЬ ТАКТИЛЬНЫХ КАРТ

### Введение

3D-печать, так же известная как аддитивное производство - это технология трехмерной «печати» объекта, ландшафта, здания. Она является ключевым этапом в работе, так как существенно снижает риск изготовления дефектной продукции. Нельзя не отметить и тот факт что, 3D-печать активно начали применять так же и в тактильной картографии, что весьма ожидаемо, поскольку раскрывается сама суть тактильного восприятия – осязание изучаемой поверхности.

С появлением 3D-печати [1], миру открылся нескончаемый спектр возможностей использования данной технологии. Большим прорывом стало появление объемных произведений искусств, что предоставило шанс

людям с ограниченной зрительной функцией детально представить и лучше понять картины. Прекрасно себя проявили и тактильные карты, и планы местности.

Тактильные карты - это карты, которые предназначены для незрячих или слабовидящих людей. Важным фактором для создания является печать рельефных условных знаков (выпуклых), а все подписи должны быть выполнены в системе Брайля [2].

На сегодняшний день появилась потенциальная возможность в создании тактильных карт с использованием 3D-печати. Рассмотрим преимущества данной технологии. Несомненно, главным достоинством является долговечность продукта, поскольку четкость рельефов не пропадет от частого использования, как если бы применялась карта на бумажном носителе.

### **Материалы и методы исследования**

Цель исследования – изучить возможность применения 3D-печати для создания тактильных карт.

Задачи исследования:

1. определить подходящую температуру для печати тактильных карт;
2. выявить лучшие материалы для печати;
3. провести сравнения между бумажным носителем и пластиком;

С появления на свет 3D-печати еще в 1986 году и до наших дней, технология перенесла колоссальные изменения. К таким характеристикам относятся:

- ✓ -диаметр нити пластика;
- ✓ -диаметр сопла;
- ✓ -максимальная температура нагрева;
- ✓ -температура плавления пластика.

После проведенного анализа характеристик имеющихся 3D-принтеров для печати тактильных материалов был выбран принтер со следующими техническими возможностями:

- ✓ -диаметр нити пластика - 3 мм;
- ✓ -максимальная температура нагрева стола 3D-принтера - 120°;
- ✓ -максимальная температура нагрева экструдера - 300°;
- ✓ -количество экструдеров для одновременной печати несколькими цветами - 3 шт.;
- ✓ -максимальная область печати принтера 400 300 x 300 мм.

Выбор данного принтера обусловлен, во-первых, максимально возможной площадью печати, так как один из рекомендуемых размеров, которые необходимо использовать для создания тактильных материалов, - 300 x 300 мм, во-вторых, возможностью печати несколькими цветами одновременно - что позволит создавать материалы не только для незрячих людей, но и для слабовидящих, и в-третьих, данный принтер обладает достаточно большим диапазоном температур плавления пластика.



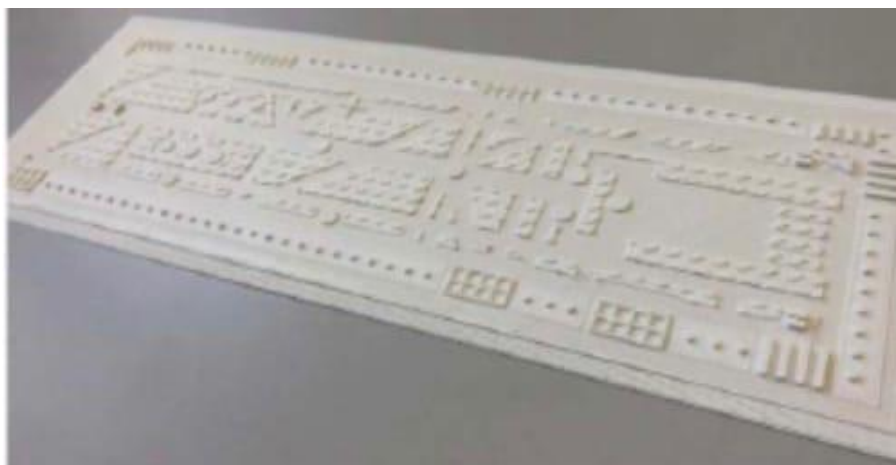
Для изучения технических возможностей принтера были разработаны образцы, при печати которых были выявлены следующие дефекты:

- ✓ -перегрев пластика;
- ✓ -неравномерное экструдирование;
- ✓ -загибающиеся края;
- ✓ -расслоение;
- ✓ -излишки пластика.

На основе проводимого эксперимента в дальнейшем дефекты были устранены.

Учитывая тот факт, что незрячие люди совершенно по-разному воспринимают тактильно объекты, стоит предположить, что и используемый материал для 3D-печати так же будет восприниматься иначе [3].

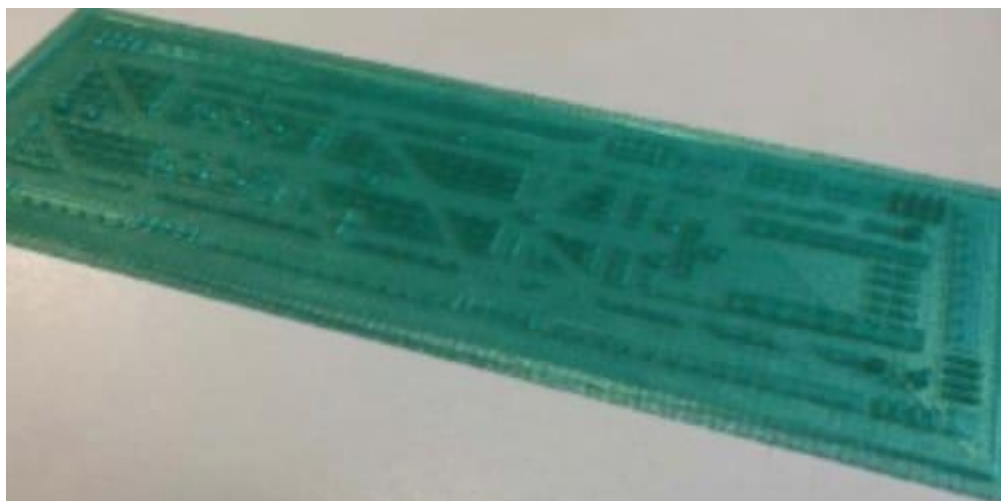
Для изучения данного вопроса было проведено исследования в Новосибирской областной библиотеке, где незрячим и слабовидящим людям были предложены модели напечатанного сквера Славы г. Новосибирск, с использованием трех разных видов пластика: ABS, PLA, Watson. [4]



**Рис.1** 3D-модель сквера Славы г. Новосибирск с использованием пластика ADS



**Рис.2** 3D-модель сквера Славы г. Новосибирск с использованием пластика PLA



**Рис.3** 3D-модель сквера Славы г. Новосибирск с использованием пластика Watson

По результатам исследования были выявлены следующие результаты:

- ✓ - минимальная высота условных знаков должна равняться 2 мм;
- ✓ - определен подходящий вид пластика (Watson – в ходе исследования именно модель с использованием данного пластика проявила себя максимально пригодной для применения 3D-печати тактильных карт);
- ✓ - более 70% незрячих и слабовидящих людей, которые принимали участие в исследовании, распознали, что на предлагаемых моделях напечатан сквер Славы г. Новосибирск, что доказывает, что данная технология может успешно применяться для печати тактильных карт и планов местности.
- ✓ - подтверждены ранее проведенные исследования по восприятию рельефной графики, напечатанной на микрокапсульной бумаге [2-3].

Таблица 1

**Сравнительная таблица используемых материалов**

Вид пластика	Температура плавления, °С	Температура нагрева стола принтера, °С	Скорость печати, мм/с
PLA	210	50	45
ABS	240	90	15
Watson	240	45	15

### **Заключение**

В результате проводимого исследования было выявлено, что использование 3D технологии возможно для печати тактильных карт и планов местности, которые будут без труда распознаваться незрячими и слабовидящими.

дящими людьми, при условии знания шрифта Брайля. Были исследованы температурные режимы и некоторые виды пластика, среди которых были отобраны подходящие для наилучшего восприятия.

### **Библиографический список**

1. Лисицкий Д.В. Картографическое отображение трехмерных моделей местности // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. №2/1. – С. 98 – 102.
2. Андрияшина Ю. Н., Пошивайло Я. Г. Ананьев В. А. К вопросу разработки типовой методики создания тактильных карт // Геодезия и картография. -2018. Т. 79 №11. – С. 25-33.
3. Литвак А.Г. Психология слепых и слабовидящих. – СПб. : Изд-во РГПУ Им. А. И. Герцена, 1998 – 271 с.
4. Техно 3D [Электронный ресурс]. – 2019.- Режим доступа: <https://3dpt.ru/page/faq>.- Загл. С экрана

**Е.В.Тетюев**, магистр 1 курса  
СПб ГЛТУ им. С.М.Кирова

Кафедра информационных систем и технологий  
unrou@mail.ru

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ HTML ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРТ И СХЕМ**

### **Введение.**

С момента создания первых карт и до сегодняшнего дня основной задачей картографии и наибольшей ценностью готовой карты является достоверное отображение объектов друг относительно друга. Основная проблема заключается в том, что, в отличие от достаточно примитивных схем и планов, которые в большинстве своём отображают объекты на плоскости, карта поверхности Земли должна также отражать и её кривизну. Несмотря на то, что сегодня нам доступны самые разнообразные системы координат и методы проецирования, а работы по изучению математической картографии безостановочно ведутся на протяжении уже нескольких веков, наиболее достоверным отображением земной поверхности по-прежнему остаётся глобус или масштабная натурная модель.

Само-собой, при невозможности использовать подобные модели, обыкновенные карты остаются достоверным источником информации, однако стоит помнить, что искажения при проецировании объектов на плоскость увеличиваются с уменьшением масштаба [1]. В связи с этим появление компьютеров и переход на электронные карты, несомненно, являются знаковым событием в картографии. Основное преимущество использова-

ния цифровых карт состоит в том, что каждому объекту можно присвоить абсолютные координаты в выбранной системе координат, дальнейшие сложности заключаются лишь в выборе средств визуализации и, собственно, самой визуализации. На данный момент существует множество приложений для работы с картами и ГИС, многие из них заслуживают отдельного рассмотрения, однако мы в данной статье сфокусируемся на стремительно развивающейся сфере Web-приложений, а именно на технической стороне вопроса отображения объектов на картах и схемах с помощью языка HTML. Под Web-приложениями будем понимать приложение, в котором в роли сервера выступает HTTP-сервер, а в роли клиента – Web-браузер [2].

### **Базовые принципы HTML.**

HTML или язык гипертекстовой разметки появился параллельно с созданием сети Интернет и является основой для отображения информации на Web-странице. С момента своего создания HTML дошёл до пятой версии и впитал в себя множество объектов и интересных технических решений. Тем не менее, основные принципы использования языка остаются неизменными: HTML задаёт элементы и их иерархию, CSS видоизменяет их внешний вид, а JavaScript отвечает за динамическое обновление страницы и интерактивное взаимодействие с пользователем. Ещё одной отличительной чертой Web-приложений является DOM [3] – объектная модель документа, в которой каждый элемент представляет собой отдельный объект с определённым набором параметров и методов, областью видимости и т.д. Также разработчики могут дополнять имеющийся список объектов своими собственными. Итак, какие же элементы может использовать разработчик для создания карт с помощью Web-приложений?

**Элементы DIV и IMG** являются основой при заполнении Web-страниц. DIV представляет собой удобный контейнер, который может содержать элементы HTML, в том числе другие контейнеры. Элемент IMG служит для визуализации файлов изображений. Наиболее полезным свойством элемента DIV является возможность его относительного или абсолютного позиционирования на странице. Простейшей связки из элементов DIV и IMG уже достаточно для создания фрагмента интерактивной карты. Для этого необходимо поместить изображение местности на нижний слой страницы, а поверх вывести контейнеры с изображениями значков объектов. При этом объектам можно добавить текстовую подсказку, воспользовавшись свойством IMG title.

Тем не менее, у этого метода есть тот же недостаток, что и у классических бумажных карт: при проецировании на плоскость расстояния между объектами искажаются, местами значительно. Поскольку утверждение о том, что при использовании больших объёмов данных их верификацией часто пренебрегают, не вызывает сомнений, можно с уверенностью заявить, что автор представляет собой компактный рельефный шар. Также для отображения разных участков местности требуется заготовить боль-

шое количество изображений. Решить эту проблему можно с помощью использования следующего элемента.

**Элемент CANVAS** (холст) служит для отображения графики на Web-странице и представляет собой поле заданных размеров, состоящее из пикселей. Принципиальное отличие его от **IMG** заключается в наличии методов для непосредственного рисования на холсте. Используя эти методы, можно рисовать на холсте линии, прямоугольники, окружности или обращаться к каждому пикселю по отдельности. Добавив к этому сценарии JavaScript и какой-либо источник данных, мы можем отобразить на холсте абсолютно любую информацию, от видоизменённого (скорректированного под нужную проекцию) изображения аэрофотосъёмки до схемы или чертежа, снабжённого текстом. При этом некоторые объекты можно всё также вынести поверх основного изображения, используя упомянутые ранее **DIV** и **IMG**.



**Рис. 1** – карта на базе CANVAS сайта GeoServer.org.  
Используется рендерер от GeoSolutions.

Несмотря на очевидное преимущество использования **CANVAS** по сравнению со статичными изображениями **IMG**, этот метод не лишён недостатков. Самым главным из них является то, что холст – это растровое поле, и добиться от него внятного изображения можно только при помощи сглаживания. Вторым недостатком является то, что для отображения сколь-нибудь значимой информации на этом элементе разработчикам необходимо написать объёмный код, способный отображать данные источника подходящим способом. Однако, однажды создав подобный рендерер или используя готовые решения, разработчик может создавать сложные и информативные карты с минимальными искажениями. Таким образом, в **CANVAS** заложено больше возможностей, но он значительно сложнее в обращении по сравнению с **IMG**.

Также в рамках элемента **CANVAS** стоит отметить технологию для работы с графикой **WebGL**. Она создавалась специально для отображения графики на Web-странице, и главная её особенность – встроенные средства для отображения трёхмерной графики. Ранее в статье неоднократно упо-

миналась проблема искажения объектов при проецировании на плоскость. Несмотря на то, что конечным визуализатором для WebGL является экран монитора (плоскость), она позволяет отображать объекты в полноценной трёхмерной системе координат в перспективе или изометрии, позволяя тем самым полностью избавиться от искажений при проецировании. Неудивительно, что наиболее популярные сервисы карт вроде, Google Earth или Yandex.Карты основываются на API WebGL. Однако стоит помнить, что, как и элемент CANVAS, WebGL требует для работы большие объёмы кода. Впрочем, их можно значительно уменьшить, используя сторонние библиотеки вроде Three.js или Babylon.js.

**Элементы SVG** или Scalable Vector Graphics (масштабируемая векторная графика). Из названия очевидно, что эти элементы – векторные, что является несомненным плюсом по сравнению с CANVAS, поскольку векторная графика отображается независимо от масштаба и разрешения. SVG контейнер может содержать множество объектов из обширного списка элементов [4], но мы остановимся на четырёх из них.

- `<line>` позволяет провести линию определённой толщины и цвета между двумя точками.
- `<polyline>` в отличие от `<line>` позволяет использовать больше точек.
- `<path>` позволяет скруглять линии на определённых участках.
- `<polygon>` позволяет создавать участки на плоскости, ограниченные ломаной линией.

Используя эти элементы, можно создавать схематичные изображения карт или чертежей, оставаясь при этом в рамках HTML и не прибегая к использованию сторонних приложений или плагинов. Более того, все упомянутые выше элементы основываются на массивах из точек, имеющих координаты, что значительно упрощает визуализацию исходных данных, в которых подавляющее большинство объектов также представлено точками с известными координатами. Возможность стилизации элементов позволяет использовать их как для наложения поверх изображения в виде контура, например, границ участка, так и для отображения географических объектов, от очертаний региона и до изображения домов, рек, дорог, лесных массивов и т.д. Также можно использовать подобные приложения и для создания карт, например, путём обрисовки аэрофотоснимков с последующей коррекцией, тем более, на данный момент существуют множество решений по рисованию SVG объектов поверх изображения или карты. И всё же, наибольшая ценность элементов SVG состоит в том, что с ними проще всего работать при создании интерактивных карт. А именно, линии и полигоны SVG могут быть базой для событий JavaScript, например, событий группы `onMouse`. Такие элементы удобно использовать для взаимодействия пользователя с картой: выделения её областей, измерений и т.д.

Само-собой, не обошлось и без минусов. Если работу со статическими элементами может освоить человек, слабо знакомый с языком HTML,



то для динамического отображения и редактирования этих объектов также необходимо написание кода и сценариев JavaScript.



Рис. 2 – пример создания SVG-полигона поверх изображения карты [5]

Подводя итоги, имеет смысл сопоставить данные в одной таблице.

Таблица 1

#### Сравнительные характеристики элементов HTML

Критерий сравнения	IMG	CANVAS	SVG
Тип графики	растровая	растровая	векторная
Искажения при проецировании поверхности на плоскость	значительные	минимальные*	минимальные
Использование сценариев JavaScript для работы	опционально	обязательно	опционально
Сложность внедрения в проект	легко	сложно	средне
Исходные данные	изображения	изображения, массивы точек	массивы точек
Модель карты	статическая	динамическая	динамическая
Наиболее подходящее применение в проекте	текстурная основа карты	схематичная или текстурная основа карты, схематичное отображение объектов**	схематичное отображение объектов, база для интерактивных сценариев

\* – при использовании трёхмерной модели собственной разработки или на базе WebGL можно полностью избавиться от искажений при проецировании.

\*\* – возможно отображение полноценных моделей объектов при использовании трёхмерной графики.

## **Заключение.**

Web-картография развивается фактически со времён образования сети Интернет, но переломным моментом стал 2005 год, когда компания Google практически одновременно запустила два глобальных картографических сервиса – GoogleMaps и Google-Earth [2]. Это сделало карты доступными для широкого пользования. Сегодня Web-картография является одним из самых востребованных направлений в развитии Web-приложений. Однако, несмотря на стремительное развитие Интернет-технологий и приложений, компании не спешат отказываться от специализированных пакетов для работы с картами и БД. Тем не менее, современный браузер содержит в себе достаточно решений для полноценной работы с картами и визуализации объектов. При этом наиболее удачным сочетанием является использование элемента CANVAS для создания графической основы и элементов из группы SVG для обеспечения интерактивной составляющей.

## **Библиографический список**

1. Бугаевский Л.М.: Математическая картография, учебник для вузов, МИИГАиК, Москва (1998).
2. Быков А.В., Пьянков С.В.: WEB-Картографирование, учебное пособие, ПГНИУ, Пермь (2015).
3. Пять вещей, которые надо знать об HTML 5, электронный учебник HTMLBOOK.RU, URL: <http://htmlbook.ru/html5/introduction>
4. MDN web docs, Руководство разработчика, электронный ресурс, URL: <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/SVG/Element>
5. SummerStyle – Пример создания векторных объектов поверх изображения, URL: <https://summerstyle.github.io/summer/>

**М. П. Филяев**, доктор технических наук, профессор  
СПб ГЛТУ им. С.М.Кирова  
Кафедра информационных систем и технологий  
[mastkon@yandex.ru](mailto:mastkon@yandex.ru)

**М.Н. Волков**, кандидат технических наук  
Военная академия материально-технического обеспечения  
имени генерала армии А.В. Хрулёва  
[mnv7190@yandex.ru](mailto:mnv7190@yandex.ru)

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА**

Широкое внедрение информационных технологий во все сферы человеческой деятельности придало новый импульс развитию и применению



методов математического моделирования, представляющего собой процесс установления соответствия реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью. Основными методами математического моделирования являются аналитический и имитационный методы. В современных условиях очевиден существенный прогресс именно в распространении методов и средств имитационного моделирования для исследования сложных систем и процессов.

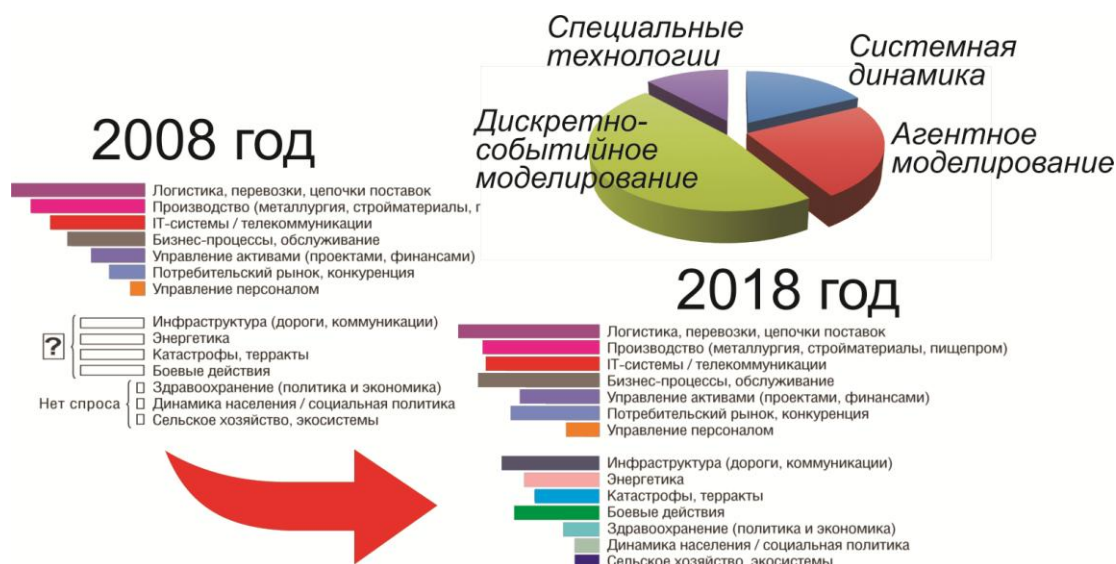
Данный факт объясняется, прежде всего, тем, что имитационное моделирование основано на применении вычислительной техники и по определению не рассматривается без нее. Согласно Р. Шеннону, имитационное моделирование есть «процесс конструирования модели реальной системы и постановки экспериментов на ней с целью понимания поведения системы либо оценки (в рамках ограничений, накладываемых некоторым критерием или совокупностью критериев) различных стратегий, обеспечивающих функционирование данной системы» [1]. В свою очередь под имитационной моделью исследуемого процесса понимается его логико-математическая модель, программно-реализованная на средствах вычислительной техники [2, 3], а последняя представляет собой описание изменения состояний процесса во времени и пространстве в виде определенной структуры функциональных операций, отражающей их логическую последовательность, взаимосвязь и длительность.

Не смотря на то, что имитационное моделирование было известно до создания первых ЭВМ, своему сегодняшнему развитию оно обязано именно средствам вычислительной техники, способным провести численный эксперимент, накопить статистические данные, визуализировать моделируемый процесс, оперативно оценить ситуацию. Это приводит и к существенному изменению процесса моделирования. Теперь после построения логико-математической модели исследуемого процесса её преобразуют в соответствующий алгоритм, выбирают ту или иную среду моделирования (систему программирования), и разрабатывают программу для реализации на компьютере.

Применение имитационного моделирования особенно актуально в тех случаях, когда:

- дорого или невозможно экспериментировать на реальном объекте;
- невозможно построить аналитическую модель поведения объекта (системы) так как в исследуемом процессе есть время, причинные связи, последствия, нелинейности, стохастические (случайные) переменные;
- необходимо симитировать поведение системы во времени.

Динамика роста применения имитационного моделирования в различных отраслях представлена на рисунке 1.



**Рис.1** Применение имитационного моделирования в России

Широкое распространение данной технологии моделирования объективно обуславливает рост потребностей, как в инструментальных средствах, так и в специалистах, способных разрабатывать, применять и обеспечивать сопровождение имитационных моделей.

К сожалению, в настоящее время неоднократно отмечается сравнительно небольшое число таких специалистов [4]. Это является одним из основных факторов, сдерживающих развитие и распространение данного современного метода исследования, применение которого на различных этапах жизненного цикла производственных, экономических, транспортных, логистических и других сложных систем позволяет существенно повышать их эффективность на основе оптимизации состава, структуры и процесса функционирования [5].

В связи с этим актуальным, в первую очередь, является вопрос подготовки соответствующих специалистов в вузах. Практика разработки имитационных моделей свидетельствует о целесообразности решения данного вопроса не только в рамках программ подготовки специалистов по информационным системам и технологиям, но и путем организации обучения методам разработки и применения имитационных моделей при подготовке специалистов для других отраслей. Это определяется особенностью разработки имитационных моделей, заключающейся в необходимости хорошего знания разработчиком исследуемой предметной области [5, 6].

В настоящее время способствует этому и наличие на рынке программного обеспечения России доступных для использования современных инструментальных сред имитационного моделирования [7], таких, например, как AnyLogic [8] или GPSS Studio [9].

Возможность применения указанных программных сред моделирования обеспечивается наличием и доступностью в настоящее время их

бесплатных студенческих версий, а также соответствующих учебных пособий. Опыт использования AnyLogic и GPSS Studio при выполнении лабораторных работ достаточно подробно представлен в [10]. Здесь рассматривается подход, когда обучаемый на основе детализированного описания процесса разработки той или иной имитационной модели последовательно выполняет в инструментальной среде ряд практических шагов по созданию модели. В результате этого, как правило, формируется имитационная модель с рядом варьируемых значений параметров, что позволяет дополнительно исследовать моделируемый процесс и определить рациональный вариант его организации в зависимости от задаваемых условий. В работе представлен ряд имитационных моделей, имеющих практический интерес для будущих специалистов различных направлений подготовки:

- модель торгового предприятия;
- модель полиграфического производства;
- модель транспортной развязки;
- модель системы управления запасами;
- модель стоматологической клиники;
- модель системы передачи информации и ряд других.

Программные среды моделирования AnyLogic и GPSS Studio фактически являются универсальными с точки зрения возможности разработки в них имитационных моделей различных предметных областей исследований. При этом интересен и опыт применения для выполнения лабораторных работ специализированных сред моделирования, таких, например, как Simintech. Эта среда предназначена для детального исследования и анализа нестационарных процессов в ядерных и тепловых энергоустановках, в системах автоматического управления, в следящих приводах и роботах, и, в целом, в любых технических системах, описание динамики которых может быть представлено в виде системы дифференциально-алгебраических уравнений и/или реализовано методами структурного моделирования [11].

Анализ содержания рассмотренных лабораторных работ свидетельствует о том, что их основными целями и задачами являются получение общего представления о среде моделирования и знакомство с основными методами и приемами работы в ней. При этом недостаточно внимания уделяется развитию у обучаемого практических навыков формализации моделируемого процесса, что является ключевым звеном разработки его имитационной модели.

В связи с этим актуальным является выполнение лабораторных работ, предусматривающих самостоятельную разработку несложных имитационных моделей функционирования каких-либо объектов (систем), процессов или их отдельных этапов в изучаемой предметной области. Учитывая невысокие первоначальные навыки обучаемого в применении среды моделирования, сложность разработки модели может быть снижена путем введения существенных ограничений и допущений в постановку задачи. Примером здесь может служить выполнение лабораторной работы, зада-

ние по которой предусматривает разработку имитационной модели машины фон Неймана в рамках изучения дисциплины «Архитектура информационных систем». Формализованная постановка задачи, логическая схема процесса и фрагмент визуализации функционирования машины при выполнении последовательности команд, связанных с решением простейшего арифметического выражения, представлен на рисунках 2-4.

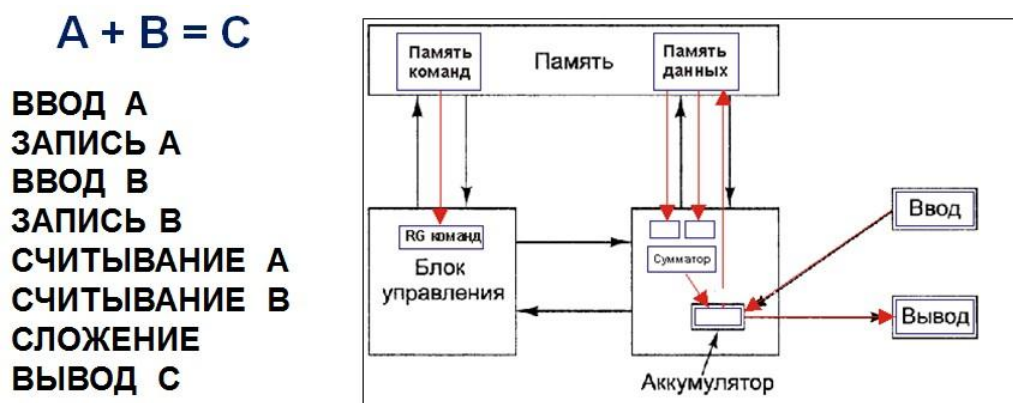


Рис.2 Постановка задачи на разработку имитационной модели

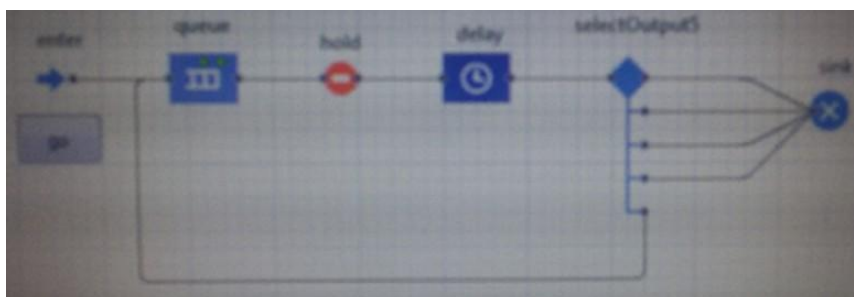


Рис.3 Логическая схема моделируемого процесса

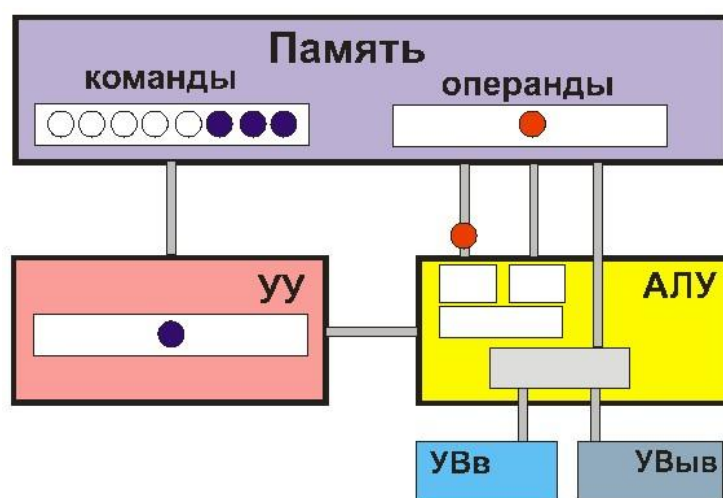


Рис.4 Фрагмент визуализации имитационной модели

Опыт проведения подобных занятий свидетельствует не только о способности обучаемых в приобретении необходимых навыков разработки

имитационных моделей, но и повышает их интерес и мотивацию к изучению предметной области учебной дисциплины.

Использование данного подхода позволяет расширить сферу применения имитационного моделирования в учебном процессе вуза, в частности путем выполнения соответствующих заданий в рамках курсовых и выпускных квалификационных работ, предполагающих более детализированное представление исследуемого процесса и имеющих выраженную практическую направленность разрабатываемых имитационных моделей.

Заданием на выпускную квалификационную работу с учётом направленности подготовки специалиста может быть, например, разработка имитационной модели как инструментария для исследования и оптимизации определённых параметров моделируемого процесса или разработка имитационной модели и подробного описания ее построения для использования как задания на лабораторную работу в целях совершенствования образовательного процесса.

Таким образом, применение имитационного моделирования для совершенствования образовательного процесса вуза в настоящее время является актуальным вопросом. Для его успешного решения объективно имеются все предпосылки, в том числе и доступные современные инструментальные средства создания имитационных моделей с развитыми интерфейсами пользователей, обеспечивающими как существенное снижение трудозатрат при разработке моделей, так и снижение требований к квалификации разработчиков.

### **Библиографический список**

1. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем — искусство и наука. — М.: Мир, 1978. — 301 с.
2. Девятков В.В. Методология и технология имитационных исследований сложных систем: современное состояние и перспективы развития: монография. – М.: Вузовский учебник. ИНФРА-М, 2013. – 448 с.
3. Лычкина Н.Н. Современные технологии имитационного моделирования и их применение в информационных бизнес-системах / Н.Н. Лычкина // РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция, 2011. № 1. С. 97-106
4. Борщёв А.В. Имитационное моделирование: состояние области на 2015 год, тенденции и прогноз // Седьмая всероссийская научно-практическая конференция «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2015): Труды конф., 21-23 окт. 2015 г., Москва: в 2 т. / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. Акад. наук ; под общ. ред. С.Н. Васильева, Р.М. Юсупова. – Т. 1. Пленарные доклады – М.: ИПУ РАН, 2015. ISBN 978-5-91450-172-0. С.14-22.
5. Филяев М.П. Повышение эффективности процессов материально-технического обеспечения на основе применения современных инструментальных средств имитационного моделирования / Информационные

- системы и технологии: теория и практика. Сборник научных трудов. Ответственный редактор А.М. Заяц. – СПб: Изд-во СПбГЛТУ, 2018.– С. 45-50.
6. Филяев М.П., Воробьев А. А. Технология создания специализированных инструментальных средств имитационного моделирования логистических процессов / Труды Девятой всероссийской научно-практической конференции по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2019). Екатеринбург, 2019. – С. 580-586.
  7. Филяев М.П., Чернышев С.А., Николаев П.А. Сравнительный анализ инструментальных программных средств для разработки имитационных моделей логистических процессов // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации. 2020. № 2 (16). – С. 92-104
  8. AnyLogic (официальный сайт) [электронный ресурс] URL: <https://www.anylogic.ru/> (дата обращения: 15.02. 2021).
  9. Девятков В.В. Имитационные исследования в среде моделирования GPSS STUDIO: учеб. пособие / В.В. Девятков, Т.В. Девятков, М.В. Федотов; под ред. д-ра экон. наук В.В. Девяткова. — М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М. 2018. — 283 с.
  10. Маликов Р.Ф. Основы разработки компьютерных моделей сложных систем. Учебное пособие. – Уфа: Изд-во БашГПУ, 2012. – 175 с.
  11. Хабаров С.П. Шилкина М.Л. Основы моделирования технических систем. Среда Simintech: Учебное пособие для СПО. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 120 с.: ил. — ISBN 978-5-8114-6966-6

**Л.В.Чулков**, магистр 1 курса

СПб ГЛТУ им. С.М.Кирова

Кафедра информационных систем и технологий

[lionchulkov@gmail.com](mailto:lionchulkov@gmail.com)

**С. П. Хабаров**, кандидат технических наук, доцент

Кафедра информационных систем и технологий

СПб ГЛТУ им. С.М.Кирова

[serg.habarov@mail.ru](mailto:serg.habarov@mail.ru)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ WIRESHARK ДЛЯ АНАЛИЗА СТЕКА ПРОТОКОЛОВ IP-ТЕЛЕФОНИИ**

### **Введение.**

С каждым годом все больше компаний отказываются от привычной аналоговой телефонной связи в пользу корпоративной IP-телефонии. Тех-

нология IP-телефонии или VoIP (Voice over IP) считается на сегодня высшей точкой развития телефонной связи. В отличие от классической телефонии, работающей с аналоговыми сигналами, IP-телефония использует для передачи данных IP пакеты, зашифрованные с помощью различных кодеков. Необходимым условием ее работы является наличие подключения к сети передачи данных: Интернет или Ethernet.

Недостаток аналоговой телефонии в том, что она постоянно использует канал в 64 кбит/с независимо от того, разговаривает абонент или молчит во время соединения. При IP-телефонии, за счет оцифровки и сжатия, речь передается в виде цифровых кодов, причем если абонент молчит или делает паузы в разговоре, то информация в канал не передается и канал не заполняется. Это позволяет в одном канале той же пропускной способности передавать от 8 и более соединений одновременно, что в свою очередь ведет к снижению затрат на передачу данных и тарифов.

IP телефония использует протоколы, описывающие основные процедуры передачи голоса, установки соединения, завершения вызова и т.д. Одним из них является протокол SIP (Session Initiation Protocol) [1,2], который описывает способ установки и завершения пользовательского Интернет сеанса, включающего в себя и обмен аудио контентом, для непосредственной передачи которого используется RTP протокол [3].

Превращение голосового сигнала в цифровой IP поток выполняют специальные голосовые кодеки, которые отвечают за кодирование голоса на входе и его раскодирование на выходе. Они определяют качество звука и полосу пропускания, необходимую для отправки IP пакетов. Все современные кодеки «выросли» из G.711, особенность которого в том, что он минимально загружает процессор машины, на которой он запущен.

### **Постановка задачи.**

Для исследования основных процессов, происходящих при взаимодействии всех участников аудио-сессии, а также для исследования протокольного стека, формируемого во всех цифровых потоках IP-телефонии, предлагается использовать анализ дампа захваченных IP пакетов конкретного телефонного разговора. Для этой цели предлагается использовать файл дампа с сайта [wiki.wireshark.org](http://wiki.wireshark.org) [4], который соответствует аудио-сессии двух клиентов, который организован на базе протоколов SIP, RTP и кодека G.711.

Для анализа дампа пакетов можно использовать программную среду Wireshark, либо в виде программы-анализатора трафика компьютерных сетей Ethernet, либо в виде его облачного SaaS аналога [5] – одной из форм облачных вычислений, когда подписчикам предоставляется готовое прикладное программное обеспечение, полностью обслуживаемое провайдером. Вне зависимости от используемого продукта основной задачей исследования является анализ как процесса установки сеанса связи между абонентами, так и процессов передачи аудио данных.



## Методика исследования.

После загрузки файла захвата пакетов следует убедиться, что он действительно соответствует телефонному разговору. Выбор опции VoIP Calls в меню Telephony позволяет вызвать окно, в котором Wireshark отобразит список всех обнаруженных им аудио-сессий. А после выделения одной из них и нажатия кнопки Play Streams, будет открыто окно RTP плеера, который позволит прослушать разговор, соответствующий конкретной аудио-сессии (рис. 1).

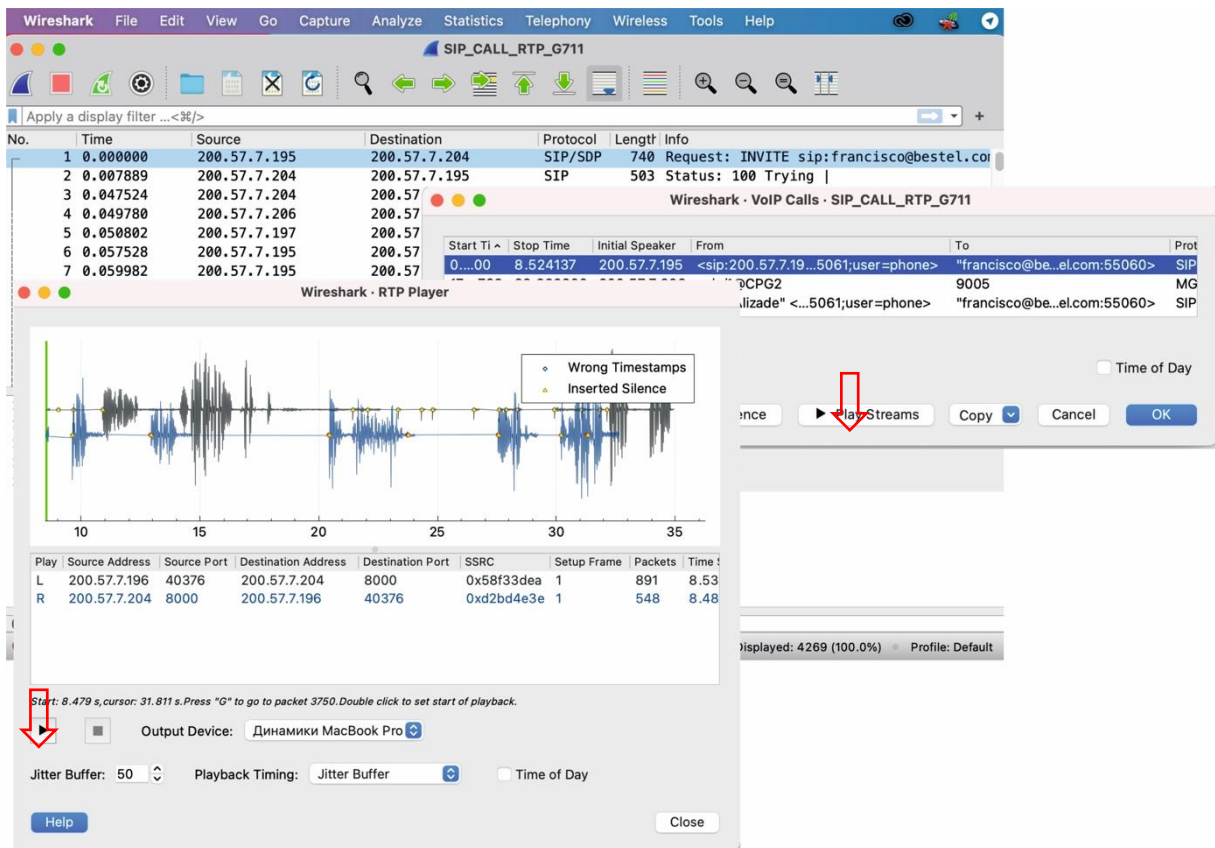


Рис. 1 Вызов RTP плеера из среды Wireshark.

При анализе процессов, происходящих в IP телефонии, важным является определение состава узлов сети, участвующих в каждой из аудио-сессий, а также последовательности потоков IP пакетов, которыми обмениваются эти узлы в процессе каждой из сессий. В частности, нажатие кнопки Flow Sequence в окне списка захваченных VoIP-сессий позволяет выполнить просмотр всех задействованных узлов сети и последовательности потоков, циркулирующих между ними. Как видно из рисунка 2 взаимодействие между клиентами и прокси-серверами в рамках конкретной VoIP-сессии осуществляется с использованием протоколов SIP и RTP.



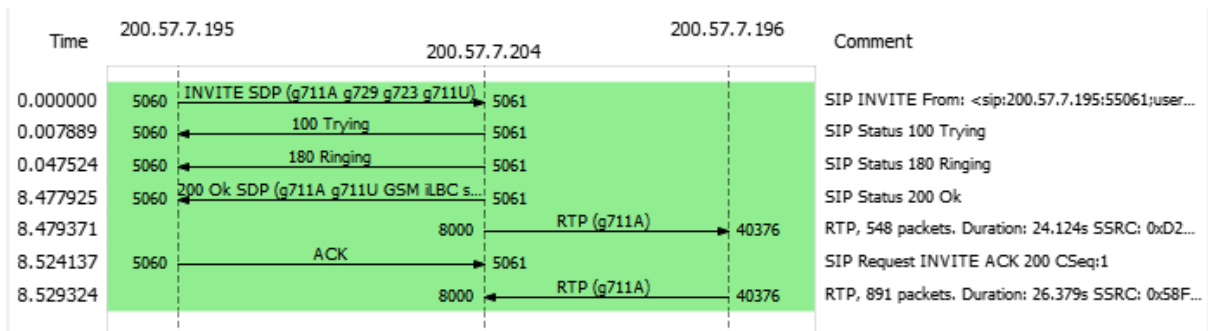


Рис. 2 Структура последовательности потоков VoIP сессии.

Протокол иницирования сеанса SIP служит для установки соединения между клиентами конкретной аудио-сессии и определяет, каким образом один клиент может запросить начало соединения с другим клиентом, используя для этого его уникальное имя. Кроме этого он описывает способ согласования между клиентами процесса открытия каналов обмена на основе других протоколов, которые могут использоваться для непосредственной передачи аудио информации. К числу таких протоколов относится и RTP (Real-time Transport Protocol).

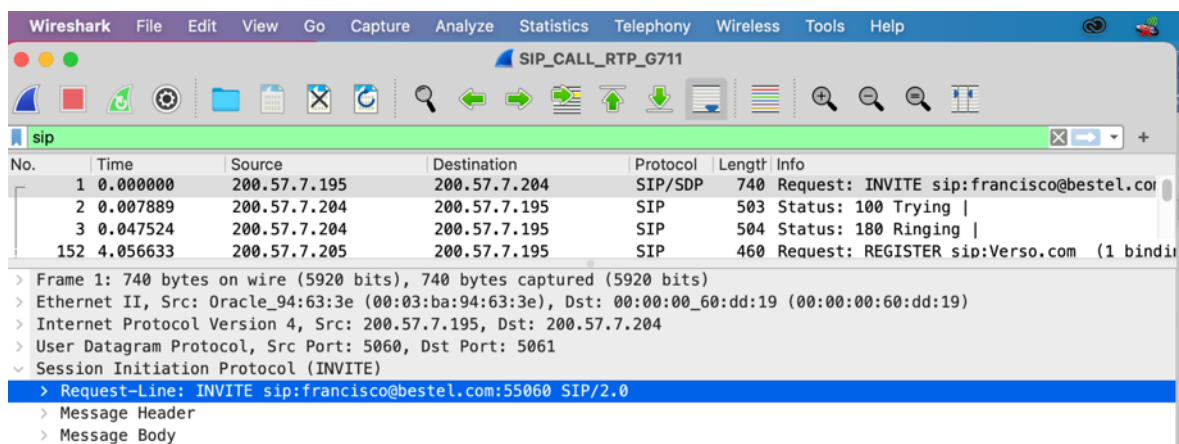


Рис. 3 Структура SIP-пакета

Любое SIP-соединение начинается с того, что клиент, у которого возникает желание иницировать сеанс аудио-связи, формирует запрос типа INVITE к прокси-серверу, который представляет интересы этого пользователя в сети. Принятый запрос с помощью серверов переадресации и определения местоположения пересылается далее и, в итоге достигает одного или нескольких вызываемых SIP клиентов. Однако анализ исследуемого дампа пакетов показывает, что первым пакетом является запрос INVITE (рис. 3), который поступил на узел 200.57.7.204 с узла 200.57.7.195, то есть это не посылаемый, а принимаем запрос. Из этого следует, что первый узел является вызываемым клиентом, а второй – его SIP прокси-сервером.

При этом встает вопрос: откуда пришел этот INVITE, и какие требования он предъявляет к предполагаемой аудио-сессии. Ответ на это дает анализ структуры пакета номер 1. Инкапсулированное в него сообщение

SIP-протокола включает в себя: тип запроса (Request-Line), заголовок сообщения (Message Header) и тело сообщения (Message Body).

```
> User Datagram Protocol, Src Port: 5060, Dst Port: 5061
✓ Session Initiation Protocol (INVITE)
  > Request-Line: INVITE sip:francisco@bestel.com:55060 SIP/2.0
  > Message Header
  ✓ Message Body
    ✓ Session Description Protocol
      Session Description Protocol Version (v): 0
      > Owner/Creator, Session Id (o): Clarent 120386 120387 IN IP4 200.57.7.196
      Session Name (s): Clarent C5CM
      > Connection Information (c): IN IP4 200.57.7.196
      > Time Description, active time (t): 0 0
      > Media Description, name and address (m): audio 40376 RTP/AVP 8 18 4 0
      > Media Attribute (a): rtpmap:8 PCMA/8000
      > Media Attribute (a): rtpmap:18 G729/8000
      > Media Attribute (a): rtpmap:4 G723/8000
      > Media Attribute (a): rtpmap:0 PCMU/8000
      Media Attribute (a): SendRecv
      [Generated Call-ID: 12015624@200.57.7.195]
```

Рис. 4 Структура SIP-запроса типа INVITE

Особенностью анализируемого SIP пакета типа запроса INVITE является то, что в тело его сообщения, в свою очередь, инкапсулируется сообщение еще одного протокола, а именно Session Description Protocol (SDP) – сетевого протокола прикладного уровня, который предназначен для описания сессии передачи потоковых данных, включая телефонию, Интернет-радио и различные мультимедиа приложения.

Из анализа структуры тела сообщения SIP-запроса INVITE, приведенного на рисунке 4, следует, что:

- пользователь с именем Clarent (Session Name) запрашивает SIP-сессию с идентификатором 120386;
- параметр IN указывает на тип сетевого протокола создателя сессии: IN – Интернет, IP4 – тип адреса создателя сессии;
- инициатор сессии (Connection Information), то есть вызывающий клиент имеет IP адрес 200.57.7.196.;
- время начала и окончания сессии жестко не ограничены (t=0 0);
- устройство, иницирующее сессию, готово обслуживать аудио данные в виде потока RTP пакетов на порту 40376;
- в строке Media Description, name and address. узел Clarent сообщает, что он поддерживает параметры RTP потока и методы кодирования, описанные при помощи типов (media format) 8, 18, 4 и 0;
- далее построчно уточняются параметры типов данных – атрибутов кодеков, с которыми может работать вызывающий клиент.

Более подробный анализ, поддерживаемых вызывающим узлом стандартов кодирования аудио данных, может быть выполнен путем дальнейшей детализации соответствующих полей SDP-сообщения, которая позволяет получить информацию, представленную на рисунке.5.

```
Media Description, name and address (m): audio 40376 RTP/AVP 8 18 4 0
Media Type: audio
Media Port: 40376
Media Protocol: RTP/AVP
Media Format: ITU-T G.711 PCMA
Media Format: ITU-T G.729
Media Format: ITU-T G.723
Media Format: ITU-T G.711 PCMU
```

**Рис.5** Поддерживаемые узлом форматы кодирования аудио данных

Из приведенного рисунка видно, что узел может обрабатывать аудио данные (телефонные разговоры) с использованием различных кодеков, которые перечислены в строках Media Format. При этом приоритет обмена аудио данными установлен на кодек G.711 PCMA, так как он находится на первой строке. Строка rtpmap:8 PCMA/8000 означает возможность использования кодека G.711 с импульсно-кодовой модуляцией по А закону с частотой дискретизации 8000 Гц.

Причем этот кодек в списке представлен два раза, как PCMA и PCMU. Это два основных закона кодирования, используемые в настоящее время: закон А (a-law) и закон U (μ-law), также известные как кодек G.711. Закон А в основном используется в европейских системах импульсно-кодовой модуляции, а закон U – в американских.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что поступивший с SIP прокси-сервера (200.57.7.195) на вызываемый узел (200.57.7.204) запрос типа INVITE на организацию RTP-сессии был сформирован узлом Clarent (200.57.7.196) путем обращения к вызываемому клиенту по URI имени типа sip: francisco @bestel.com. Это следует из первой строки запроса, поступившего с прокси-сервера

```
Request-Line: INVITE sip:francisco@bestel.com:55060 SIP/2.0
```

Прокси-сервер, получив из Интернета запрос к узлу francisco, находящемуся в домене bestel.com, на основе, имеющейся у него регистрационной и маршрутной информации, установил, что этому URI соответствует IP адрес 200.57.7.204. Именно на этот адрес он и переслал поступивший к нему по Интернету, запрос INVITE от узла с именем Clarent. Из этого следует вывод, что клиент Clarent вызывает клиента francisco, который зарегистрирован в домене bestel.com, открыв для аудио-сессии с ним по протоколу RTP порт номер 40376 (рис. 6).

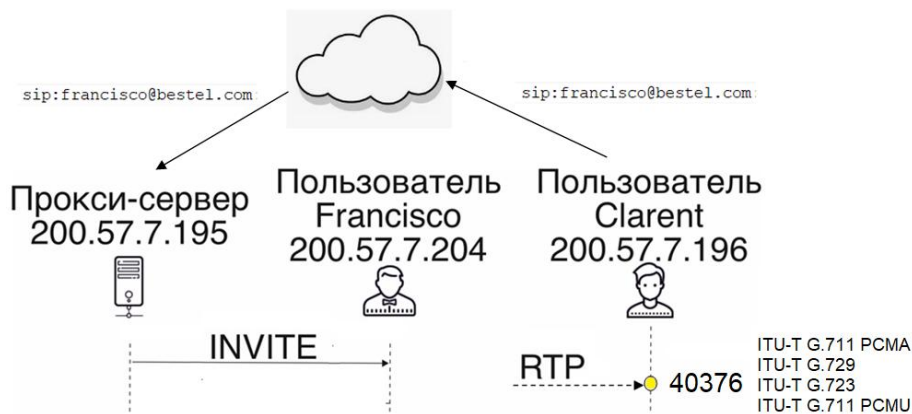


Рис. 6 Начальное состояние процесса организации аудио-сессии

С этого момента начинается процесс установления соединения и организации аудио-сессии. В ответ на поступивший от прокси-сервера запрос INVITE вызываемый абонент (200.57.7.204) посылает ему сообщения:

- 100 Trying, которое предназначено для установки на нуль таймеров, запускаемых в оборудовании, передавшем запрос.
- 180 Ringing, который идентичен сигналу <Контроль посылки вызова> в ТфОП и означает, что вызываемый пользователь получает сигнал о входящем вызове. Например, телефон вызываемого абонента начинает подавать звуковой сигнал.

Через некоторое время вызываемый клиент может подтвердить запрос на инициацию сеанса. Например, если абонент поднимет трубку или ответит на звонок. Это подразумевает, что сеанс связи будет установлен и клиент отправит ответ с кодом из диапазона 2xx. Как правило, это 200 ОК.

Если приглашение на установление сеанса связи не подтверждается вызываемым клиентом (например, абонент сбросил звонок или отключил телефон), то прокси-серверу будет отправлен ответ с кодом 3xx, 4xx, 5xx или 6xx, в зависимости от причины, по которой было отказано.

Применительно к исследуемому дампу захваченных пакетов процесс установления соединения успешно закачивается посылкой с вызываемого клиента на прокси-сервер сообщения со статусом 200 ОК.

Все сообщения, которыми обмениваются узлы сети в процессе организации конкретной аудио-сессии связи, имеют уникальный идентификатор. Он определяется параметром Call-ID в заголовках всех сообщения. Для упрощения процедуры анализа захваченных пакетов, относящихся к конкретной аудио-сессии, имеет смысл воспользоваться предоставляемой Wireshark фильтрацией пакетов. Для чего следует выбрать строку со значением соответствующего параметра в SIP заголовке любого пакета:

```
Call-ID: 12013223 @200.57.7.195
```

После этого правой кнопкой мыши следует вызвать всплывающее меню, в котором надо выбрать опцию Apply as filter, а затем selected. Применение фильтра позволяет более четко выполнить анализ только одной

конкретной сессии, позволяя оставив в рассмотрении все пакеты, которыми обмениваются узлы в процессе этой SIP сессии (рис. 7).

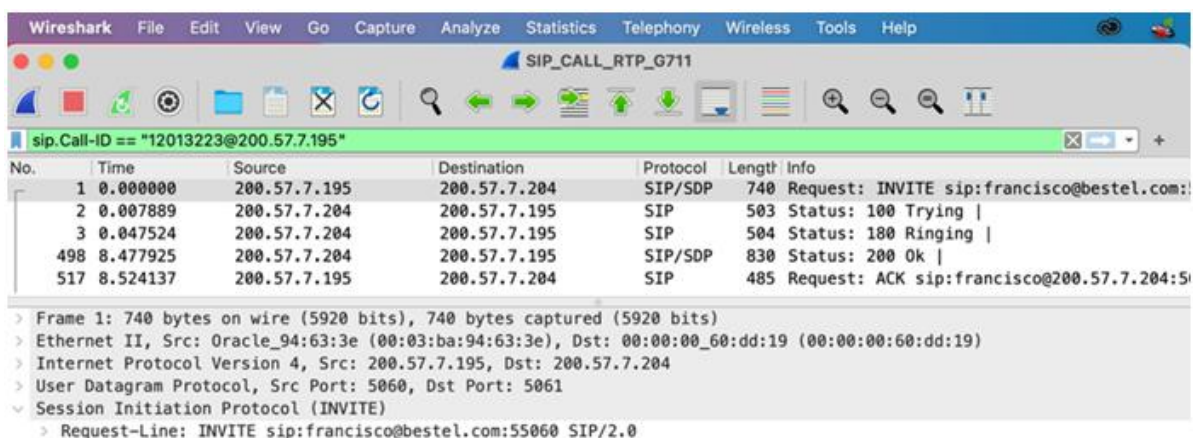


Рис. 7 Все пакеты SIP-сессии с Call-ID: 12013223 @200.57.7.195

Из приведенного рисунка становится ясно, что после получения запроса на соединения уже через 0.0475с телефон клиента francisco начал звонить, а через 8.478с он принял этот вызов и установил соединение. На этом этапе рассмотрение процесса инициирования вызова и установки соединения можно считать завершенным. По его окончанию начинается двунаправленный обмен аудио информацией (рис. 8).

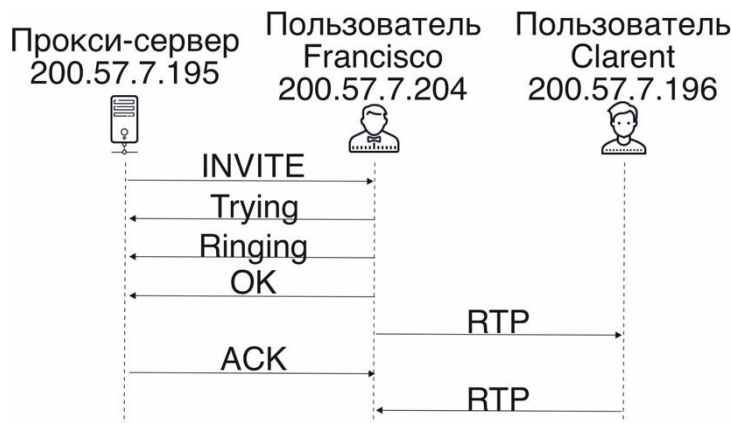


Рис. 8 Структура потоков исследуемой VoIP сессии

Для этого используется работающий поверх стека UDP/IP протокол RTP, действие которого сводится к присваиванию каждому исходящему пакету временных меток. Эти метки на приемной стороне указывают на то, в какой последовательности и с какими задержками их необходимо воспроизводить. Хотя RTP считается протоколом транспортного уровня, он функционирует поверх другого протокола транспортного уровня, а именно UDP. Оба протокола вносят свои доли в функциональность транспортного уровня.

Для анализа процесса обмена аудио данными между двумя клиентами выполним фильтрацию захваченных пакетов по протоколу RTP и рассмотрим, например, первые пять пакетов. Четыре из этих пакетов идут к узлу 200.57.7.196, а один поступает от него.



При этом во всех исходящих RTP пакетах поле Sequence number последовательно увеличивается на единицу, а поле Timestamp – на 160. Как видно из рис. 9 общая длина RTP пакета составляет 214 байт. Среди них:

- 54 байта – это заголовки протоколов нижнего уровня: Ethernet (14 байт), IP (20 байт), UDP (8 байт) и RTP (12 байт);
- оставшиеся 160 байт представляют собой полезную нагрузку RTP пакета (Payload).

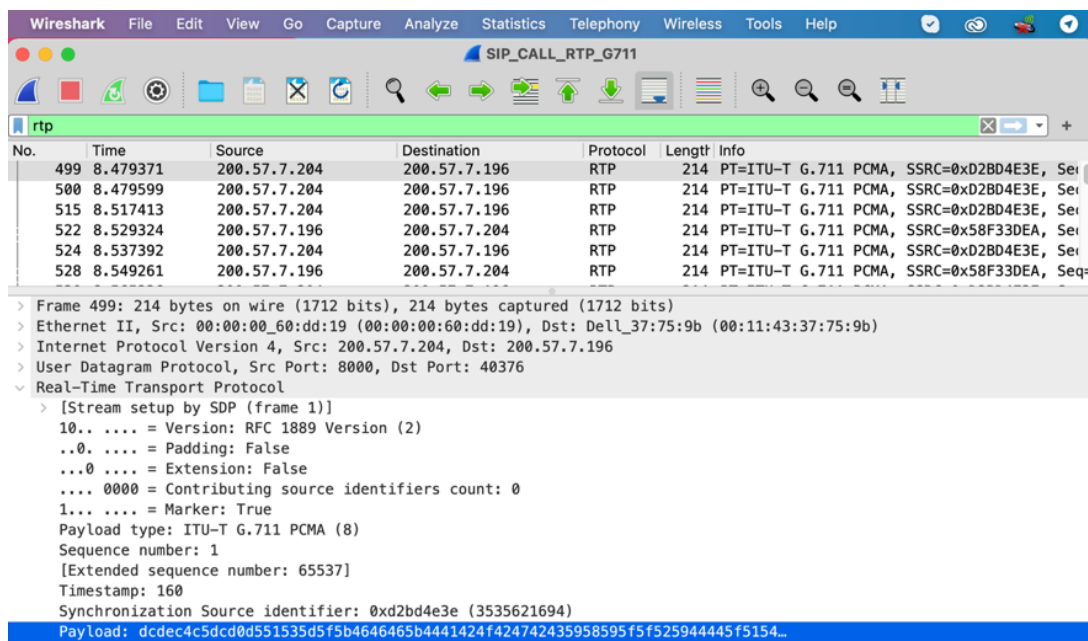


Рис. 9 Структура RTP пакета потока VoIP сессии

Из анализа значения поля Payload type в заголовках этих RTP пакетов следует, что полезная нагрузка каждого пакета представляет собой передаваемые по сети аудио данные в формате G.711. Кроме этого, важным атрибутом заголовка RTP пакетов являются и метки времени (Timestamp), которые используются для обеспечения правильного порядка воспроизведения принятых пакетов.

На примере первого RTP пакета, отправленного с узла 200.57.7.204 на узел 200.57.7.196, рассмотрим, каким образом были получены значения поля Timestamp. На это значение оказывает влияние два параметра.

- Время пакетирования – длительность одного пакета RTP в миллисекундах, которое при использовании G.711 составляет 20 мс;
- Частота дискретизации – количество аналоговых отсчетов, взятых за секунду для преобразования в цифровую форму. В случае G.711 частота дискретизации составляет 8 кГц, то есть 8000 аналоговых отсчетов за одну секунду.

Для последовательности RTP пакетов, передающих аудио данные, значение Timestamp должно увеличиваться на величину, равную частному от деления “частоты дискретизации” на “количество пакетов в секунду”. Так как длительность одного фрагмента передаваемой речи (один пакет

RTP) соответствует 20 мс, то “количество пакетов в секунду” будет равно  $1000/20=50$ , и тогда “инкрементное значение временной метки пакета RTP” будет равно  $8 \text{ кГц} / 50 = 8000 \text{ Гц} / 50 = 160$ .

Именно на такую величину и изменяется значение поля Timestamp в следующих друг за другом передаваемых RTP пакетов. Но это будет наблюдаться только в том случае, если передача аудио сигнала происходит непрерывно. Например, в он-лайн медиа плеере. При использовании IP телефонии, наоборот, за счет наличия пауз в разговоре будет иногда наблюдаться пропуск некоторых значений Timestamp (рис. 10).

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
515	8.517413	200.57.7.204	200.57.7.196	RTP	214	Seq=3, Time=480
524	8.537392	200.57.7.204	200.57.7.196	RTP	214	Seq=4, Time=640
530	8.565236	200.57.7.204	200.57.7.196	RTP	214	Seq=5, Time=800
535	8.577584	200.57.7.204	200.57.7.196	RTP	214	Seq=6, Time=960
577	9.621026	200.57.7.204	200.57.7.196	RTP	214	Seq=7, Time=9440
580	9.640924	200.57.7.204	200.57.7.196	RTP	214	Seq=8, Time=9600
583	9.660941	200.57.7.204	200.57.7.196	RTP	214	Seq=9, Time=9760

Рис. 10 Последовательность передачи речевой информации

Анализ примера дампа захваченного разговора позволяет выяснить, что при IP телефонии наблюдается существенное снижение интенсивности загрузки каналов передачи данных по сравнению с обычной телефонией.

Таблица 1.

#### Анализ переданных данных

Направление аудио потока	Количество пакетов	Временной промежуток, с	Оцифровано речи, с	Объем переданных данных
От 200.57.7.204 к 200.57.7.196	548	8.48-32.6 (24.1)	$548 \cdot 0.02 = 10.96$	$548 \cdot 214 = 114.5 \text{ Кбайт}$
От 200.57.7.196 к 200.57.7.204	891	8.53-34.9 (26.4)	$890 \cdot 0.02 = 17.80$	$890 \cdot 214 = 186 \text{ Кбайт}$

#### Заключение.

Проведен анализ процесса установки соединения между двумя абонентами VoIP, который позволяет выяснить IP-адреса вызывающих и вызываемых устройств, а также последовательность реализации запроса на соединение.

Подробно исследован процесс установления SIP соединения между узлами VoIP и организации между ними аудио-сессии с использованием протокола RTP для передачи голосовой информации.

Показано, как с помощью реализованного в среде Wireshark RTP-плеера можно прослушать голосовое содержание звонка на основе дампа захваченных IP пакетов.

### **Библиографический список**

1. RFC 3261. SIP: Session Initiation Protocol [Электронный ресурс]. <https://tools.ietf.org/html/rfc3261>. (дата обращения: 08.01.2021).
2. Википедия. Протокол установления сеанса [Электронный ресурс]. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Протокол\\_установления\\_сеанса](https://ru.wikipedia.org/wiki/Протокол_установления_сеанса) (дата обращения: 08.01.2021).
3. RFC 4571. Real-time Transport Protocol (RTP) and RTP Control Protocol (RTCP) Packets over Connection-Oriented Transport. [Электронный ресурс]. <https://tools.ietf.org/html/rfc4571> (дата обращения: 08.01.2021).
4. Sample SIP call with RTP in G711. [Электронный ресурс]. [https://wiki.wireshark.org/SampleCaptures#SIP\\_and\\_RTP](https://wiki.wireshark.org/SampleCaptures#SIP_and_RTP). (дата обращения: 08.01.2021).
5. CS Personal SaaS on cloudshark.org: sip.pcap [Электронный ресурс]. <https://www.cloudshark.org/captures/4ff29b39b8dc>. (дата обращения: 07.01.2021).
6. Сигнализация на основе протокола SIP [Электронный ресурс]. [http://www.rzbhpi.narod.ru/net/ip\\_phone/system/sub-4.3.htm](http://www.rzbhpi.narod.ru/net/ip_phone/system/sub-4.3.htm) (дата обращения: 07.01.2021).
7. Хабаров С.П. IP-телефония в компьютерных сетях/ Методические материалы по курсу "Сетевые технологии" [Электронный ресурс]. [http://www.habarov.spb.ru/\\_network\\_technology/ip\\_phone/index.htm](http://www.habarov.spb.ru/_network_technology/ip_phone/index.htm). (дата обращения: 07.01.2021).

**М.Л. Шилкина**, кандидат технических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им. С.М.Кирова  
mchernobay@inbox.ru

**Н.П. Васильев**, кандидат технических наук, доцент  
Кафедра информационных систем и технологий  
СПбГЛТУ им. С.М.Кирова  
nikpv@mail.ru

### **РАЗРАБОТКА МУЛЬТИАГЕНТНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ЛЕСА НА ОСНОВЕ АГЕНТНОЙ ПЛАТФОРМЫ JADE**

Для решения проблем, которые сложно или невозможно решить с помощью одного программного агента или монолитной системы-приложения, могут быть использованы мультиагентные системы. Примерами таких задач являются онлайн-торговля, ликвидация чрезвычайных ситуаций, моделирование социальных структур, оптимизация перевозок и многие другие. Мультиагентная система (МАС, Multi-agent system) – это



распределенная система обработки информации, образованная несколькими взаимодействующими интеллектуальными программными агентами, в функционировании которой проявляется самоорганизация и сложное поведение, причем, даже если стратегия поведения каждого агента достаточно проста. Это лежит в основе так называемого роевого интеллекта. Агенты могут обмениваться полученными знаниями, используя установленные языки-протоколы общения в системе. Примером такого языка-протокола является FIPA's Agent Communication Language (ACL). Основными характеристиками, присущими программным агентам МАС, являются:

- автономность: агенты, хотя бы частично, независимы;
- ограниченность представления: ни у одного из агентов нет представления о всей системе, или система слишком сложна, чтобы знание о ней имело практическое применение для агента;
- децентрализация: нет агентов, управляющих всей системой;
- активность – каждый агент способен к организации и реализации действий (в соответствии с внутренним алгоритмом функционирования);
- целенаправленность – наличие собственной мотивации (у каждого агента есть некоторая цель, для достижения которой он функционирует).

Для разработки МАС используются агентные платформы (АП) (framework), одной из самых популярных среди которых является JADE (Java Agent DEvelopment Framework) – это среда разработки мультиагентных систем, соответствующих спецификациям FIPA. Эта библиотека является свободным программным обеспечением, она применяется очень широко во многих областях, прежде всего в web-приложениях, мобильных приложениях и приложениях, связанных с планированием и логистикой.

JADE включает в себя:

- динамическую среду, где JADE агенты могут "жить"; она должна быть активна на принимающем хосте до того, как на нём будут запущены один или более агентов;
- библиотеку классов, которую программисты должны и могут использовать (прямо или опосредованно) для разработки своих агентов;
- набор графических инструментов, позволяющий управлять и следить за активностью запущенных агентов.

В настоящей работе предлагается разработать приложение, которое в дальнейшем может быть включено в состав web-приложения (web-сайта), и которое решает проблему оптимизации взаимодействия заказчика и исполнителя перевозок в рассматриваемом случае древесины. Чтобы разра-

батываемое приложение могло функционировать, на хостинге должна быть запущена динамическая среда JADE, называемая контейнером и содержащая, возможно, несколько агентов. Контейнеров может быть в общем случае запущено несколько, но в рассматриваемом случае контейнер используется один – специальный главный контейнер Main, который должен всегда быть активным на платформе, чтобы можно было запускать в этом контейнере новых агентов, обменивающихся информацией для достижения своих конечных целей.

Разрабатываемое распределенное приложение относится к предметной области «Логистика». Например, в фирму, выполняющую перевозки древесины, поступают заказы на транспортировку леса на различные расстояния. Фирма располагает некоторым множеством средств перевозки (перевозчиками). Заказы характеризуются весом груза и средствами, которыми заказ располагает для оплаты перевозки. Характеристиками перевозчика являются его максимальная грузоподъемность и продолжительность перевозки. Для выполнения каждого заказа на перевозку требуется подобрать одного перевозчика, имеющего максимальный вес перевозимого груза и/или обеспечивающего минимальную длительность перевозки. Таким образом, в разрабатываемом приложении действуют агенты-перевозчики (ForestSellerAgent) и агенты-заказчики (ForestBuyerAgent), подбирающие по поручению своих владельцев вариант перевозки груза древесины в соответствии с оптимальными значениями некоторых критериев.

Каждый агент-заказчик получает в качестве аргумента командной строки максимальный размер суммы, которой он располагает для совершения заказа, и вес груза, который ему надо перевезти, и периодически запрашивает предложения у всех известных ему агентов-перевозчиков. Как только предложение получено, агент-заказчик принимает его и выдает заказ на покупку. Если несколько агентов-перевозчиков предоставляют предложение агенту-заказчику, он выбирает из них лучшее (с самой низкой ценой). После покупки агент-заказчик завершает свою работу. Каждый агент-перевозчик имеет минимальный интерфейс, с помощью которого пользователь может добавить в свой локальный каталог агента-перевозчика новые маршруты перевозок, характеризующиеся весом перевозимого груза и стоимостью перевозки. Агент-перевозчик непрерывно проверяет поступление запросов от агентов-заказчиков. При получении запроса на перевозку каждый агент-перевозчик проверяет свой локальный каталог и, если запрашиваемый вес находится в его каталоге, отвечает на запрос, сообщая агенту-заказчику стоимость перевозки. После совершения заказа забронированный для выполнения заказа маршрут удаляется из каталога агента-перевозчика.

Агент JADE создается с помощью определения класса, наследуемого от класса `jade.core.Agent`, и реализации метода `setup()`. Метод `setup()` выполняет инициализацию агента, далее агент функционирует в рамках своего поведения (или режима работы). Логика агента строится из комбина-

ции режимов. В целом, поведение – это последовательность действий, которые должен выполнить агент (аналогично методу Java-класса), и реализуется как объект класса, наследуемый от `jade.core.behaviours.Behaviour`. Поведение агента определяется с помощью метода `addBehaviour()` класса `Agent`. Поведение может быть добавлено в любой момент: при запуске агента (в методе `Setup()`) или внутри другого режима работы. Кроме того, JADE предлагает готовый класс `TickerBehaviour` (в пакете `jade.core.behaviours`), у которого методы `action()` и `done()` реализованы таким образом, что абстрактный метод `onTick()` выполняется многократно, через определенный интервал времени (указанный в конструкторе). Режим `TickerBehaviour` никогда не завершается. В разрабатываемом приложении операции данного режима выполняются каждые 10 секунд.

Каждый класс, наследуемый от класса `Behaviour`, должен переопределить метод `action()`, который фактически определяет операции, задающие поведение агента, а также метод `done()`, который возвращает булево значение, указывающее на завершение того или иного поведения, которое должно быть удалено из пула режимов работы агента.

Также следует обратить внимание на способ идентификации агентов в распределенном приложении. Каждый агент имеет определенный идентификатор агента, представляющий собой экземпляр класса `jade.core.AID`. Метод `getAID()` класса `Agent` позволяет получить идентификатор агента. Объект `AID` содержит глобальное уникальное имя, а также адрес. Идентификатор агента JADE имеет структуру: `имя@адрес`, поэтому агент с именем `Peter`, находящийся на платформе `192.168.0.20:1099`, будет иметь глобальное уникальное имя `Peter@192.168.0.20:1099`. Адрес, содержащийся в `AID`, – это адрес платформы, где находится агент. Этот адрес используется только в тех случаях, когда агент должен общаться с другими агентами, которые находятся на другой платформе.

Следовательно код, реализующий поведение агента-заказчика, выглядит следующим образом:

```
import jade.core.Agent;
import jade.core.AID;
import jade.core.behaviours.*;
import jade.lang.acl.ACLMessage;
import jade.lang.acl.MessageTemplate;
public class ForestBuyerAgent extends Agent {
    // The weight needed to deliver
    private Integer Account;
    private Integer CargoWeight;
    // The list of known seller agents
    private AID[] sellerAgents =
        {new AID("seller1@192.168.0.20:1099/JADE"),
        new AID("seller2@192.168.0.20:1099/JADE")};
    // Put agent initializations here
    protected void setup() {
        // Printout a welcome message
```

```

        System.out.println
            ("Hello!   Buyer-agent   "+getAID().getName()+"   is
ready.");
    // Get the weight needed to deliver as a start-up argument
    Object[] args = getArguments();
    if (args != null && args.length > 0) {
        String t_w = (String) args[0];
        String strArr[] = t_w.split("-");
        CargoWeight = Integer.parseInt(strArr[0]);
        Account = Integer.parseInt(strArr[1]);
        Integer t_weight = CargoWeight;
        Integer t_account = Account;
        System.out.println("Trying to order the delivery of "+
t_weight.toString() + " kg for " + t_account.toString() + " RUR");
        // Add a TickerBehaviour that schedules a request to sell-
er

        // agents every 10 seconds
        addBehaviour(new TickerBehaviour(this, 10000) {
            protected void onTick() {
                addBehaviour(new RequestPerformer());
            }
        });

    }
    else {
        // Make the agent terminate immediately
        System.out.println("No price and cargo weight specified");
        doDelete();
    }
    // end of setup()
    // Put agent clean-up operations here
    protected void takeDown() {
        // Printout a dismissal message
        System.out.println("Buyer-agent "+getAID().getName()+" is ter-
minating.");
    }

    /**
    Inner class RequestPerformer.
    This is the behaviour used by Forest-buyer agents to request
Forest-seller agents the target weight.
    */
    private class RequestPerformer extends Behaviour {
        private AID bestSeller; // The agent who provides the best of-
fer
        private Integer bestPrice; // The best offered price
        private String Pr_Dur; // The best offered price
        private int repliesCnt = 0; // The counter of replies from
seller agents
        private MessageTemplate mt; // The template to receive replies
        private int step = 0;

```

```

public void action() {
    switch (step) {
    case 0:
        // Send the cfp to all sellers
        ACLMessage cfp = new ACLMessage(ACLMessage.CFP);
        for (int i = 0; i < sellerAgents.length; ++i) {
            cfp.addReceiver(sellerAgents[i]);
        }
        cfp.setContent(String.valueOf(CargoWeight.intValue()));
        cfp.setConversationId("forest-trade");
        cfp.setReplyWith("cfp"+System.currentTimeMillis()); // Unique
value
        send(cfp);
        // Prepare the template to get proposals
        mt
        =
MessageTemplate.and(MessageTemplate.MatchConversationId("forest-
trade"),
        MessageTemplate.MatchInReplyTo(cfp.getReplyWith()));
        step = 1;
        break;
    case 1:
        // Receive all proposals/refusals from seller agents
        ACLMessage reply = receive(mt);
        if (reply != null) {
            // Reply received
            if (reply.getPerformative() == ACLMessage.PROPOSE) {
                // This is an offer
                String price_dur = (String)reply.getContent();
                    String strArr[] = price_dur.split(" ");
                    Integer price = Integer.parseInt(strArr[0]);
                    Integer duration = Integer.parseInt(strArr[1]);
                if (((bestSeller == null || price < bestPrice) && (price < Ac-
count)) {
                    // This is the best offer at present
                    bestPrice = price;
                    Pr_Dur = price_dur;
                    bestSeller = reply.getSender();
                }
            }
            repliesCnt++;
            if (repliesCnt >= sellerAgents.length) {
                // We received all replies
                step = 2;
            }
        }
        else {
            block();
        }
        break;
    case 2:

```

```

        //Send the purchase order to the seller that provided the best
offer
        ACLMessage order = new ACLMessage(ACLMessage.ACCEPT_PROPOSAL);
        order.addReceiver(bestSeller);
        order.setContent(Pr_Dur);
        order.setConversationId("forest-trade");
        order.setReplyWith("order"+System.currentTimeMillis());
        send(order);
        // Prepare the template to get the purchase order reply
        mt=
MessageTemplate.and(MessageTemplate.MatchConversationId("forest-
trade"),
        MessageTemplate.MatchInReplyTo(order.getReplyWith()));
        step = 3;
        break;
        case 3:
        // Receive the purchase order reply
        reply = receive(mt);
        if (reply != null) {
        // Purchase order reply received
        if (reply.getPerformative() == ACLMessage.INFORM) {
        // Purchase successful. We can terminate
        System.out.println("Delivery of " + CargoWeight.toString() + "
kg will be done by "+ reply.getSender().getName());
        System.out.println("My Cost of delivery service = " +
bestPrice.toString());
        doDelete();
        }
        step = 4;
        }
        else {
        block();
        }
        break;
        }
        }
        public boolean done() {
        return ((step == 2 && bestSeller == null) || step == 4);
        }
        } // End of inner class RequestPerformer
        }

```

Чтобы завершить работу агента, нужно вызвать метод `doDelete ()`. Непосредственно перед завершением работы агента вызывается метод `takeDown ()`, который выполняет операции по очистке агента.

Переменная `step` оператора `switch` в теле периодически выполняемого метода `action()` класса `RequestPerformer` содержит порядковый номер этапа переговоров о покупке заказа на перевозку. При `step`, равном 1, происходит рассылка запросов на заказ перевозки всем агентам-перевозчикам и получение от них ответных предложений. При `step`, равном 2, выбранно-

му перевозчику, чье предложение удовлетворяет условию оптимизации, отправляется заказ на перевозку. При step, равном 3, заказчик получает подтверждение на заказ перевозки от перевозчика.

Все данные о маршрутах перевозок у перевозчика хранятся в хеш-таблице, ключом в которой является вес перевозимой древесины, а данными – стоимость и длительность перевозки, которые хранятся в одной строке, состоящей из двух чисел, разделенных пробелом. Агент перевозчика ForestSellerAgent содержит описание трех процедур, реализующих поведение агента в следующих случаях:

- добавление нового маршрута в хеш-таблицу;
- OfferRequestServer – получение поискового запроса на перевозку от заказчика, выбор из собственного каталога оптимального по стоимости предложения и посылка этого предложения в ответ на запрос заказчика;
- PurchaseOrdersServer – обработка заявки на бронирование перевозки от заказчика.

```
import jade.core.Agent;
import jade.core.behaviours.*;
import jade.lang.acl.ACLMessage;
import jade.lang.acl.MessageTemplate;
import java.util.*;

public class ForestSellerAgent extends Agent {
// The catalogue of delivered weights (maps the weight to its price)
    private Hashtable catalogue;
// The GUI by means of which the user can add weights in the catalogue
    private ForestSellerGui myGui;

    protected void setup() {
        // Create the catalogue
        catalogue = new Hashtable();

        // Create and show the GUI
        myGui = new ForestSellerGui(this);
        myGui.showGui();

        // Register the forest-selling service in the yellow
        pages
        // Add the behaviour serving queries from buyer agents
        addBehaviour(new OfferRequestsServer());

        // Add the behaviour serving purchase orders from buyer agents
        addBehaviour(new PurchaseOrdersServer());
    }

    // agent clean-up operations
    protected void takeDown() {
        // Deregister from the yellow pages
        // Close the GUI
        myGui.dispose();
    }
}
```

```

        // Printout a dismissal message
        System.out.println("Seller-agent "
+getAID().getName()+" terminating.");
    }

    /**
     * This is invoked by the GUI when the user adds a new weight
     * for sale
     */
    public void updateCatalogue(final int weight, final
String price) {
        addBehaviour(new OneShotBehaviour() {
            public void action() {
                catalogue.put(new Integer(weight),
price);

                Integer t_w = weight;
                String strArr[] = price.split(" ");
                Integer t_p = Integer.parseInt(strArr[0]);
                Integer t_d = Integer.parseInt(strArr[1]);
                System.out.println("Delivery service of "
+ t_w.toString() + " kg for Price "+ t_p.toString() + " during
" + t_d.toString() + " days inserted into catalogue.");
            }
        });
    }

    /**
     * Inner class OfferRequestsServer.
     * This is the behaviour used by Forest-seller agents to
     * serve incoming requests for offer from buyer agents.
     * If the requested weight is in the local catalogue the
     * seller agent replies with a PROPOSE message specifying the
     * price. Otherwise a REFUSE message is sent back.
     */
    private class OfferRequestsServer extends CyclicBehaviour
    {
        public void action() {
            MessageTemplate mt = MessageTem-
plate.MatchPerformative(ACLMessage.CFP);
            ACLMessage msg = receive(mt);
            if (msg != null) {
                // CFP Message received. Process it
                int weight = Inte-
ger.parseInt(msg.getContent());
                ACLMessage reply = msg.createReply();

                Set<Map.Entry<Integer, String>> entrys =
catalogue.entrySet();
                Integer pr = 0;
                Integer my_weight = 0;
                String my_price = "";
                for (Map.Entry<Integer, String> entry : entrys)
                {
                    Integer w = entry.getKey();
                    // System.out.println(w.toString() +
":" + entry.getValue());
                    String t_w = entry.getValue();

```



```

        String strArr[] = t_w.split(" ");
        Integer Price = Integer.parseInt(strArr[0]);
        Integer Durab = Integer.parseInt(strArr[1]);
        if ((w > weight) && ((Price < pr) || (pr == 0)))
        {
            pr = Price;
            my_price = t_w;
            my_weight = w;
        }
        if (pr != 0) {
// The requested weight is available for sale. Reply with the price
        reply.setPerformative(ACLMessage.PROPOSE);
        reply.setContent(my_price + " " + my_weight.toString());
        }
        else {
// The requested weight is NOT
        available for sale.
        reply.setPerformative(ACLMessage.REFUSE);
        reply.setContent("not-available");
        }
        send(reply);
    }
    else {
        block();
    }
}
} // End of inner class OfferRequestsServer

/**
    Inner class PurchaseOrdersServer.
    This is the behaviour used by Forest-seller agents to
    serve incoming offer acceptances (i.e. purchase orders) from
    buyer agents.
    The seller agent removes the purchased weight from its
    catalogue and replies with an INFORM message to notify the
    buyer that the purchase has been sucesfully completed.
    */
private class PurchaseOrdersServer extends CyclicBehaviour {
    public void action() {
        MessageTemplate mt = MessageTemplate.MatchPerformative(ACLMessage.ACCEPT_PROPOSAL);
        ACLMessage msg = receive(mt);
        if (msg != null) {
            // ACCEPT_PROPOSAL Message received. Process it
            String price_dur = (String) msg.getContent();
            // System.out.println("Poluchil " + price_dur);
            String strArr[] = price_dur.split(" ");

```

```

        Integer t_p = Integer.parseInt(strArr[0]);
        Integer t_d = Integer.parseInt(strArr[1]);
        Integer t_weight = Integer.parseInt(strArr[2]);
        ACLMessage reply = msg.createReply();

        String price = (String) catalogue.remove(t_weight);
        if (price != null) {
            reply.setPerformative(ACLMessage.INFORM);
            System.out.println("Delivery of " +
                t_weight.toString() + " kg will be done for buyer-agent " +
                msg.getSender().getName());
        }
        else {
// The requested weight has been sold to another buyer in the
// meanwhile .
            reply.setPerformative(ACLMessage.FAILURE);
            reply.setContent("not-available");
        }
        send(reply);
    }
    else {
        block();
    }
}
} // End of inner class PurchaseOrdersServer
}

```

Также в состав распределенного приложения входит процедура, реализующая минимальный графический (GUI) интерфейс для добавления новых маршрутов в хеш-таблицу перевозчика.

Приложение компилируется и запускается на выполнение с помощью команд, показанных на рисунке 1

```

Администратор: Командная строка - java -cp lib\jade.jar;forest_classes;lib\Forest_DeliveringServi...
c:\JADE>"C:\Program Files\Java\jdk1.8.0_221\bin\javac.exe" -classpath lib\jade.jar -d forest_classes src\MyForestTrading\*.java
Note: src\MyForestTrading\ForestBuyerAgent.java uses or overrides a deprecated API.
Note: Recompile with -Xlint:deprecation for details.
Note: src\MyForestTrading\ForestSellerAgent.java uses unchecked or unsafe operations.
Note: Recompile with -Xlint:unchecked for details.

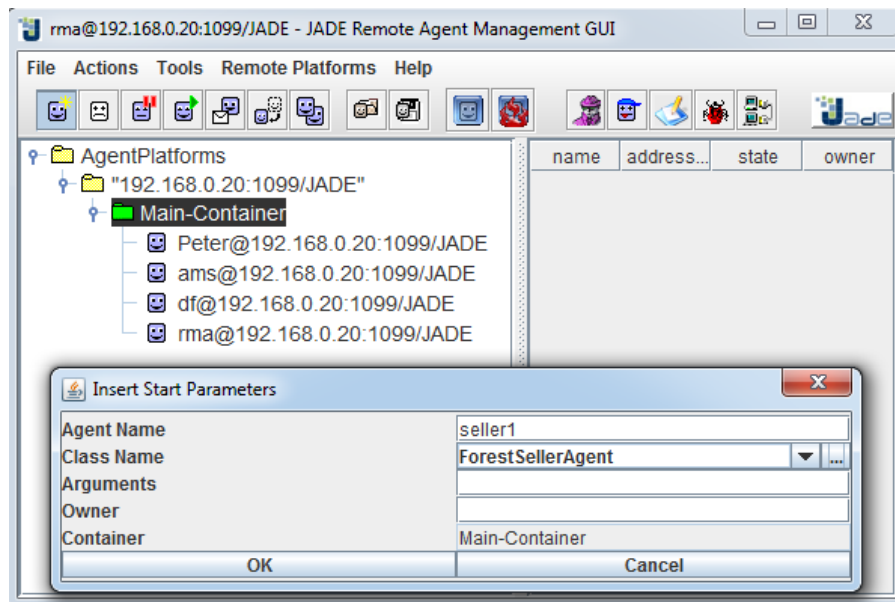
c:\JADE>"C:\Program Files\Java\jdk1.8.0_221\bin\jar.exe" -cmf new\META-INF\MANIFEST.MF lib\Forest_DeliveringService.jar -C forest_classes .

c:\JADE>java -cp lib\jade.jar;forest_classes;lib\Forest_DeliveringService.jar jade.Boot -gui -agents Peter:ForestBuyerAgent(3000 5000)

```

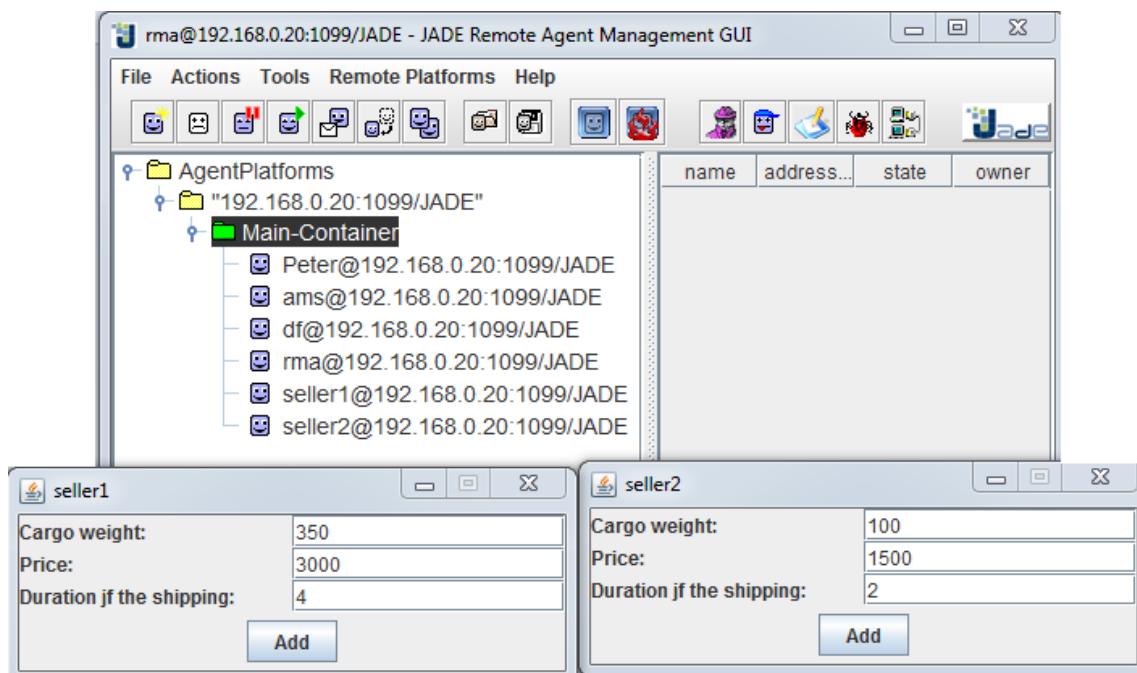
**Рис.1** Компиляция и запуск на выполнение разработанного приложения

Вид GUI-интерфейса приложения при создании нового агента-перевозчика показан на рисунке 2.



**Рис.2** Создание агента-перевозчика в графическом интерфейсе

Добавление новых маршрутов в хеш-таблицы перевозчиков можно видеть на рисунке 3.



**Рис.3** Добавление новых маршрутов агентов-перевозчиков

В командной строке результат работы приложения показан на рисунке 4, где видны отчеты о пополнении хеш-таблиц двух агентов-перевозчиков и о совершении заказов на перевозку двумя агентами-заказчиками.

```

Администратор: Командная строка

c:\JADE>"C:\Program Files\Java\jdk1.8.0_221\bin\javac.exe" -classpath lib\jade.jar
-ar -d forest_classes src\MyForestTrading\*.java
Note: src\MyForestTrading\ForestBuyerAgent.java uses or overrides a deprecated A
PI.
Note: Recompile with -Xlint:deprecation for details.
Note: src\MyForestTrading\ForestSellerAgent.java uses unchecked or unsafe operat
ions.
Note: Recompile with -Xlint:unchecked for details.

c:\JADE>"C:\Program Files\Java\jdk1.8.0_221\bin\jar.exe" -cmf new\META-INF\MANIF
EST.MF lib\Forest_DeliveringService.jar -C forest_classes .

c:\JADE>java -cp lib\jade.jar;forest_classes;lib\Forest_DeliveringService.jar ja
de.Boot -gui -agents Peter:ForestBuyerAgent(300-5000)
Фхь 25, 2020 1:14:35 PM jade.core.Runtime beginContainer
INFO: -----
This is JADE 4.5.0 - revision 6825 of 23-05-2017 10:06:04
downloaded in Open Source, under LGPL restrictions,
at http://jade.tilab.com/
-----
Фхь 25, 2020 1:14:36 PM jade.imtp.leap.LEAPIMTPManager initialize
INFO: Listening for intra-platform commands on address:
- jicp://192.168.0.20:1099

Фхь 25, 2020 1:14:37 PM jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.management.AgentManagement initialized
Фхь 25, 2020 1:14:37 PM jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.messaging.Messaging initialized
Фхь 25, 2020 1:14:37 PM jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.resource.ResourceManagement initialized
Фхь 25, 2020 1:14:37 PM jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.mobility.AgentMobility initialized
Фхь 25, 2020 1:14:37 PM jade.core.BaseService init
INFO: Service jade.core.event.Notification initialized
Фхь 25, 2020 1:14:37 PM jade.mtp.http.HTTPServer <init>
INFO: HTTP-MTP Using XML parser com.sun.org.apache.xerces.internal.jaxp.SAXParse
rImpl$JAXPSAXParser
Фхь 25, 2020 1:14:37 PM jade.core.messaging.MessagingService boot
INFO: MTP addresses:
http://Pavilion:7778/acc
Фхь 25, 2020 1:14:37 PM jade.core.AgentContainerImpl joinPlatform
INFO: -----
Agent container Main-Container@192.168.0.20 is ready.
-----
Hello! Buyer-agent Peter@192.168.0.20:1099/JADE is ready.
Trying to order the delivery of 300 kg for 5000 RUR
Delivery service of 200 kg for Price 2500 during 3 days inserted into catalogue.
Delivery service of 100 kg for Price 1500 during 2 days inserted into catalogue.
Delivery service of 350 kg for Price 3000 during 4 days inserted into catalogue.
Delivery of 350 kg will be done for buyer-agent Peter@192.168.0.20:1099/JADE
Delivery of 300 kg will be done by seller1@192.168.0.20:1099/JADE
My Cost of delivery service = 3000
Buyer-agent Peter@192.168.0.20:1099/JADE is terminating.
Delivery service of 350 kg for Price 3000 during 4 days inserted into catalogue.
Delivery service of 340 kg for Price 2000 during 3 days inserted into catalogue.
Delivery service of 240 kg for Price 2000 during 2 days inserted into catalogue.
Delivery service of 140 kg for Price 1550 during 1 days inserted into catalogue.
Hello! Buyer-agent Katya@192.168.0.20:1099/JADE is ready.
Trying to order the delivery of 300 kg for 5000 RUR
Delivery of 340 kg will be done for buyer-agent Katya@192.168.0.20:1099/JADE
Delivery of 300 kg will be done by seller2@192.168.0.20:1099/JADE
My Cost of delivery service = 2000
Buyer-agent Katya@192.168.0.20:1099/JADE is terminating.
Фхь 25, 2020 1:19:48 PM jade.domain.ams.shutdownPlatformAction
INFO: AMS - Activating platform shutdown. Requester = rma@192.168.0.20:1099/JADE
Seller-agent seller1@192.168.0.20:1099/JADE terminating.
Seller-agent seller2@192.168.0.20:1099/JADE terminating.
Фхь 25, 2020 1:19:48 PM jade.core.messaging.MessageManager shutdown
INFO: MessageManager shutting down ...
Фхь 25, 2020 1:19:48 PM jade.core.Runtime$1 run
INFO: JADE is closing down now.

c:\JADE>

```

Рис.4 Результат работы приложения на сервере

Данное распределенное приложение может быть достаточно просто включено в состав веб-приложения (сайта). Веб-клиент, запускаемый из браузера пользователя, передает на сервер информацию, введенную, например, в некоторой форме пользователем. Это информация о весе и ограничениях по стоимости перевозки. Эта информация передается на сервер, где с помощью функции `php exec()` можно запустить на выполнение агента заказчика с входными значениями параметров, переданными пользователем на сервер. Между тем, на сервере уже запущены и функционируют агенты перевозчики, которые будут реализовать свое поведение в ответ на запросы агента-заказчика. Выходной поток функции `exec()` нужно правильно декодировать (парсить) с тем, чтобы сервер мог передать в браузер пользователю результаты работы запущенного им агента-заказчика.

Можно изменить GUI агента по преобразованию хеш-таблицы агента-перевозчика, чтобы вместо графического интерфейса данные для модификации хеш-таблицы агент брал из параметров командной строки.

Тогда авторизованные пользователи-перевозчики смогут описанным выше образом из браузера запускать на сервере агентов по преобразованию своих хеш-таблиц с маршрутами. Выходной поток запущенных агентов-перевозчиков также захватывается и каким-либо образом информация о совершенных покупках передается пользователям-перевозчикам, например, в виде письма на электронную почту.

Таким образом, разработанное распределенное приложение можно дополнять новыми видами агентов, взаимодействующих и обменивающихся сообщениями в единой среде, в соответствии с требованиями оптимизации поиска по времени перевозки груза, по стоимости, по максимальной грузоподъемности при фиксированной стоимости, взвешенному критерию и т.д. Предложенное мультиагентное приложение может быть встроено в любое веб-приложение, разработанное в любой CMS или фреймворке, или в посадочную веб-страницу.

### **Список литературы.**

1. <https://jade.tilab.com/documentation/tutorials-guides>
2. <https://www.jadeworld.com/developer-center/resource-library>

**А.А. Широковская** инженер-таксатор  
Филиал ФГБУ Рослесинфорг Севзаплеспроект  
ytrfz.xhtym@yandex.ru

**М.А. Новикова** кандидат сельскохозяйственных наук, ст. преподаватель  
Кафедра биотехносферной безопасности  
СПбГЛТУ им. С. М. Кирова  
masch.novikova@yandex.ru

## ОБЗОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ ЛЕСОУСТРОЙСТВА В КАМЕРАЛЬНО-ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

В современных условиях жизни информационные технологии прочно вошли в нашу жизнь: появилось множество гаджетов, почти на всех предприятиях и в науке используются информационные технологии, также и лесное хозяйство не стало исключением из правил. Появилось множество программ для описания леса, для обработки полученных данных, для создания модели леса (такая программа как EFIMOD) и т.д.

Приведем пример некоторых программ, которыми пользуются таксаторы в Филиале ФГУП Рослесинфорг Севзаплеспроект. К таким программам относятся: WinPLP, ЕСАУЛ, WinGIS, PHOTOMOD, MapInfo, Easy Trace Pro, АРМ-таксатора.

Рассмотрим их подробнее.

**1. WinPLP** разработан в Филиале ФГБУ Рослесинфорг Севзаплеспроект. Программа предназначена для «набивки» карточек таксации, т.е. перевода рукописной информации в печатный вариант. Вторая подобная программа ЕСАУЛ. Общий вид WinPLP представлен на рисунке 1.

№	ЭР	Ос	ЛД	ЛП	ЛПС	Идент	Лаз	Выдел	КЗщ	Площадь(га)	Год	Кзем	ОЗ	КЗМ	Арен	ККС	КСек	Прп	Бн-2	Тмл	ПЛУ	Воз	Граффайт
01	41	15	05	1000034322	0107	29.0	19	1.80	1998	1.33	0	10	1101	3	1	5	1	10	2			BOROD	
01	41	15	05	1000034332	0107	27.0	19	5.60	1998	1.44	0	10	1101	6	2	4	6	12	3			BOROD	
01	41	15	05	1000034320	0107	28.0	19	0.80	1998	45	0	10	2548	0	0	0	0	0	0	0	0		BOROD
01	41	15	05	1000034330	0107	29.0	19	3.00	1998	45	0	10	2548	0	0	0	0	0	0	0	0		BOROD
01	41	15	05	1000034511	0107	33.0	19	3.90	1998	1.44	0	10	1101	6	2	4	6	12	4			BOROD	
01	41	15	05	1000034323	0107	24.0	19	3.10	1998	1.44	0	10	1101	9	20	6	15	14	3			BOROD	
01	41	15	05	1000034271	0107	36.0	19	17.00	1998	1.44	0	10	1101	6	2	4	5	32	3			BOROD	
01	41	15	05	1000034381	0107	37.0	19	4.60	1998	1.44	0	10	1101	9	20	5	6	22	3			BOROD	
01	41	15	05	1000034324	0107	38.0	19	7.50	1998	1.44	0	10	1101	6	2	4	5	32	3			BOROD	
01	41	15	05	1000034342	0107	39.0	19	3.90	1998	1.44	0	10	1101	3	1	3	6	12	3			BOROD	
01	41	15	05	1000034329	0107	40.0	19	6.70	1998	1.44	0	10	1101	3	1	4	6	12	3			BOROD	
01	41	15	05	1000034362	0107	41.0	19	0.90	1998	1.44	0	10	1101	9	20	5	7	23	2			BOROD	
01	41	15	05	1000034321	0107	43.0	19	2.70	1998	1.44	0	10	1101	6	2	4	6	22	4			BOROD	
01	41	15	05	1000034419	0108	3.0	19	3.20	1998	1.44	0	10	1101	9	20	4	7	23	2			BOROD	
01	41	15	05	1000034421	0108	4.0	19	7.50	1998	1.44	1440	10	1101	3	1	4	6	12	2			BOROD	
01	41	15	05	1000034435	0108	5.0	19	2.40	2000	1.44	0	10	1101	3	1	5	7	13	3			BOROD	
01	41	15	05	1000034449	0108	6.0	19	1.60	1998	1.44	1440	10	1101	3	1	4	6	12	2			BOROD	
01	41	15	05	1000034439	0108	7.0	19	17.50	2001	19	44	0	10	1201	3	1	5	6	12	1			BOROD
01	41	15	05	1000034457	0108	8.0	19	2.40	2000	1.44	0	10	1101	3	1	4	6	12	3			BOROD	
01	41	15	05	1000034455	0108	11.0	19	6.60	2000	1.44	0	10	1101	4	1	7	17	15	2			BOROD	
01	41	15	05	1000034459	0108	12.0	19	2.00	1998	60	0	10	2507	0	0	0	0	0	0	0			BOROD
01	41	15	05	1000034430	0108	13.0	19	4.50	1998	1.44	0	10	1101	3	1	4	6	12	2			BOROD	
01	41	15	05	1000034421	0108	14.0	19	1.00	1998	1.44	0	10	1101	3	1	5	7	13	2			BOROD	
01	41	15	05	1000034469	0108	15.0	19	2.70	1998	1.44	0	10	1101	6	2	4	5	32	3			BOROD	
01	41	15	05	1000034441	0108	16.0	19	5.50	1998	1.44	0	10	1101	6	2	4	5	32	3			BOROD	
01	41	15	05	1000034433	0108	17.0	19	1.10	1998	1.44	0	10	1101	3	1	4	6	12	2			BOROD	
01	41	15	05	1000034422	0108	18.0	19	2.00	1998	1.44	0	10	1101	3	1	4	6	12	2			BOROD	

Кол-во записей: 244      Площадь: 893.90

Рис. 1 WinPLP



ЕСАУЛ, как и WinPLP предназначен для:

- Комплексной обработки лесоустроительной информации и формирования геоинформационных баз данных на повыведельном уровне, пакетов документов и отчетов.
- Актуализации лесоустроительной информации посредством внесения в базы данных текущих изменений на хозяйственную деятельность.
- Ведение государственного лесного реестра в части определения количественных и качественных характеристик лесов.

Так же ЕСАУЛ помогает автоматизировать информационную поддержку лесного планирования и лесохозяйственного проектирования; обеспечивает оперативный доступ к геоинформационным повыведельным базам данных через Интернет (Web-сервисы) для авторизованных пользователей; обеспечивает эффективное администрирование и поддержку системы в актуальном состоянии; обеспечивает защиту информации [1, 5].

Эти две относительно одинаковые программы, с некоторым различием в наборе и сложности некоторых функций, но принцип их работы один. Обе программы можно связать с **WinGIS**.

**WinGIS, PHOTOMOD, MapInfo, Easy Trace Pro** – программы работающие со спектрональными снимками.

## 2. WinGIS

Программа удобная для создания абрисов снимков повыведельно, также для присвоения номера и площади выделам, кварталам и т.д. [3] WinGIS помогает в использовании быстрой векторной графики; легко определяет атрибуты для всех графических объектов; хорошая визуализация в процессе оцифровки объекта. При использовании WinGIS можно осуществлять поиск внутри заданного радиуса, разделение сложных графических объектов на отдельные линии и точки; возможно создать изображение с использованием пяти основных геометрических элементов: точек, линий, многоугольников, дуг, окружностей, а также текста и символов. Но, как и у любой программы, есть свои недостатки такие как:

- не было обновлений с 2003 года ( ОС не выше Windows2007);
- не все функции удобны в использовании;
- довольно трудоёмкий процесс «подсадки» изображения к координатам проекта;
- низкая скорость выполнения работ.

**3. MapInfo.** Это довольно сложная программа, но легко интегрируется в любую информационную систему; поддерживает все распространённые форматы данных; может использовать в работе изображения практически любых форматов. При работе с этой программой требуется индивидуальный ключ

**4. Easy Trace Pro.** Эта программа сложна для изменении привязанной к площадям базы данных, но проста для использования большинства функций оцифровки. При ее использовании возможно свободное опреде-

ление атрибутов для всех графических объектов и легкая визуализация в процессе оцифровки

**5. PHOTOMOD.** Эта программа дает возможность проведения лесоустройства в труднодоступных и недоступных регионах, определения количественных и качественных характеристик древостоя по стереоснимкам; имеет большое количество систем координат для JPS, а также возможно задать собственную систему координат. Но ей требуется специальное оборудование (стереоснимки, стереоочки), при описании не видно, что находится под пологом леса, нет возможности отметить краснокнижные растения; не удобно описывать лесные культуры ревизионного периода; не подходит под 1-й разряд лесоустройства

**6. АРМ-таксатора.** Программный комплекс «Полевой АРМ Таксатора» (полевое автоматизированное рабочее место таксатора, сокр. – ПАРМ) разработан филиалом «Севлеспроект» ФГБУ «Рослесинфорг» для выполнения полевых лесоустроительных работ по безбумажной технологии и представляет из себя мобильное приложение, подгружаемое на мобильные устройства с ОС Android 8.1 и выше. Включает в себя подготовленный полигональный проект с привязанной к нему базой данных, который можно редактировать и править в процессе таксации. Данная программа снижает себестоимость полевых лесоустроительных работ; повышает качество таксационных материалов; ускоряет процесс обработки информации. Это очень новая система, недостатком которой является вес требуемого оборудования (от 0.6 кг).

Сейчас также используется иностранная программа «АрбоЛиДАР». Данная программа изобретена еще в 90-е годы и активно используется в Финляндии. «АрбоЛиДАР» позволяет моделировать характеристики лесных массивов, используя непараметрические методы оценки и входные данные лидара, аэрофотоснимков и пробных площадей с GPS/GLONASS-координатами [5].

И в заключении следует обратить внимание на программу WinGIS. Для того чтобы она могла работать на более современном оборудовании, ее следует улучшить. На кафедре информационных систем и технологий накоплен большой опыт для решения этих задач. В целом оценивая общий уровень информатизации лесного комплекса, требуется постепенный переход от первого использования компьютерных программ разработанных для этой отрасли, ко второму этапу, использования более качественных программных продуктов например компании ArcGIS.

### Библиографический список

1. <http://www.myshared.ru/slide/489406/>
2. <https://vunivere.ru/work43375/page10>
3. Мартынов А.Н., Мельников Е.С., Ковязин В.Ф., Аникин А.С. Основы лесного хозяйства и таксации леса: Учебное пособие. – СПб: «Лань», 2012. – 412с.



4. <http://mapinfo.ru/support>

5. <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=3255>

**Р.М. Яковлев**, кандидат физ.-мат.наук, ст.научн.сотр.

**И.А. Обухова**, кандидат технических наук, доцент

Кафедра информационных систем и технологий

СПбГЛТУ им. С.М.Кирова

Iobukhova@inbox.ru

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ В БОРЬБЕ С ПОТЕПЛЕНИЕМ КЛИМАТА**

### **Введение**

Главным аргументом необходимости развивать опасную и дорогую атомную энергетику и строить много АЭС является утверждение, что только эта энергетика спасёт человечество от катастрофического потепления, обусловленного парниковыми газами при сжигании органического топлива. Да, действительно, атомная энергетика не производит парниковых газов. Заменить энергетика, основанную на сжигании органического топлива, атомной энергией предлагается не только в производстве электроэнергии, но и для транспорта, делая его электрическим, а также производя на АЭС водород для автомобилей вместо бензина. Этот аргумент находит поддержку у всех борцов с потеплением и является основным в стране нашей для строительства в РФ и других странах многих АЭС и внедряя опасные технологии для замыкания ядерного топливного цикла с производством большого количества самогеканцерогенного элемента - плутония. Для борьбы с потеплением и для сокращения выброса парниковых газов сейчас во всём мире, кроме России, используется не опасная атомная энергия, а совершенно безопасная энергия ветра и Солнца.

Информацию о весьма существенной опасности для людей и биосферы, которая присутствует в существующей атомной энергетике, хотя её доля в общем энергопотреблении составляет всего 6%, мы достаточно подробно изложили во многих своих публикациях, в том числе и на страницах этого сборника [1-5]. Источник этой опасности неустраним, поскольку внутренне присущ этому способу получения энергии. Заключается он, во-первых, в той колоссальной энергии, которая сосредоточена в ядерном топливе и может высвободиться в критических ситуациях. Ведь при делении всего одного грамма урана или плутония выделяется энергия, эквивалентная взрыву 18 тонн тринитротолуола [6]. Во-вторых, это сотни миллионов Кюри образующиеся в активной зоне реактора весьма опасных для биосферы и людей радиоактивных продуктов, в случае попадания части которых во внешнюю среду приводит к её катастрофическим последст-

виям. Напоминаем, что при аварии на 4 блоке Чернобыльской АЭС всего 5 % выброса накопленной в активной зоне реактора активности оказалось достаточно, чтобы сделать непригодными для проживания 7 тысяч км<sup>2</sup> и 350 тысяч людей были отселены. Значительно большие площади при загрязнении более 15 Кюри/км<sup>2</sup> – являются опасными для здоровья и для производства сельскохозяйственных продуктов [7]. Последствия же для экологии и биосферы фукусимской аварии явно недооцениваются. В публикации [2] нами был приведён рисунок из работы директора Радиевого института А.А. Римского-Корсакова [8], на основании которого он успокаивал японскую и мировую общественность. Общее загрязнение непосредственно территории Японии действительно на порядок ниже. Но были большие выбросы в атмосферу в восточном направлении, один из которых, повернув к Югу, чуть не накрыл Токио, а также происходило и происходит просачивание в океан воды, которой охлаждались и продолжают охлаждаться, разрушенные и разогреваемые остаточным тепловыделением активные зоны реакторов, загрязняя Тихий океан. Академик Е.П. Велихов в интервью для программы «Проект 2035» [9], информировал: «Авария на этой электростанции спровоцировала самое масштабное в истории радиоактивное загрязнение природы.» Радиоактивность от Фукусимы, Чернобыля, и та, что случается при захоронении ядерных отходов влияет на окружающую среду, воздействует на почву и может привести к самым неожиданным последствиям. Он предлагает отказаться от атомной энергии в современном виде и перейти к более безопасной ториевой энергетике. Это же предлагали авторы в работах [2-5], а также в опубликованных до этого работах [1,10], а также на многих выступлениях на Петербургском отделении Пагуошского комитета по нераспространению ядерного оружия, председателем которого являлся проф. М.Б. Игнатьев. Особое внимание в этих работах уделялось возможности в рамках существующей уран-плутониевой энергетике распространения основной составляющей ядерного оружия - плутония.

Существующая атомная энергетика с уран-плутониевым твёрдым топливом, в котором накапливается колоссальная радиоактивность является весьма опасной для экологии даже без крупных аварий, которые никак нельзя исключить и которые всё-таки происходят вопреки уверениям в их невозможности руководителей атомного ведомства и части учёных атомщиков. Вероятность таких аварий значительно увеличивается при росте в мире террористической активности и возникающей возможности удара неядерным оружием по АЭС или хранилищу с ОЯТ при вооружённом конфликте. Последствия катастрофичны.

### **Атомная энергетика и её развитие в России**

В РФ развитие атомной энергетики является приоритетным. Дмитрий Медведев своим распоряжением [11] утвердил план строительства восьми новых АЭС. Согласно распоряжению, до 2030 года в России будут построены восемь крупных АЭС. Кроме того предполагается в РФ соору-

дить новые блоки на уже построенных АЭС. Всего за период с 2016 по 2030 гг. будет построено 22 энергоблока, и 25,36 ГВт мощностей. За тот же период будет закрыт 21 энергоблок мощностью 13,042 ГВт. Общая мощность добавится на 46%. К 2030 к реактору на быстрых нейтронах БН-800 построить два блока на быстрых нейтронах БН-1200 с охлаждением уран-плутониевого топлива расплавом натрия и один Брест-300. На развитие атомной энергетики выделено значительное финансирование [14-16]. В г.Железногорске, недалеко от Красноярска начал работать комбинат по переработке в год 2000 т ОЯТ с целью получения уран-плутониевого оксидного МОКС-топлива. Там же создано грандиозное сухое хранилище для приёмки и последующей переработки ОЯТ своих реакторов и иностранных, которые Росатом построил и собирается строить за рубежом. На территории Сибирского химического комбината при осуществлении программы «Прорыв» [17] возводится опытно-демонстрационный энергетический комплекс (ОДЭК) в составе энергоблока с реактором Брест-ОД-300 со свинцовым теплоносителем и замыкающего ядерный топливный цикл пристанционного завода, который включает в себя модуль переработки облученного смешанного уран-плутониевого нитридного топлива и модуль фабрикации/рефабрикации для изготовления стартовых твэлов из привозных материалов, а впоследствии твэлов из переработанного облученного ядерного топлива.

Утверждается руководителями атомного ведомства [12,13,16], а за ними руководителями государства, что к жителям России и тех стран, где Росатомом сооружаются реакторы за счёт России, на долгий срок (при осуществлении Проекта ПРОРЫВ и замыкании уран-плутониевого - на многие тысячелетия) придёт самая безопасная, чистая и дешёвая энергия. Правда, в намеченное в 2008 году весьма интенсивное в РФ [13,14] строительство реакторов - 50 к 2020 г и 300 блоков к 2050 - из-за отсутствия финансирования, а главным образом из-за стагнации промышленного развития и потому отсутствия необходимости развития энергетики в РФ [19,20] не состоялось, с перенесением такого количества реакторов с большой долей особо опасных на быстрых нейтронах (с большим содержанием плутония) на конец столетия [15,17]. А для этого сейчас осуществляется программа «Прорыв» и осуществляется под Красноярском переработка ОЯТ своих и иностранных реакторов для получения уран-плутониевого топлива. Атомные блоки РОСАТОМ сооружает сейчас в основном за рубежом.

Россия сейчас заключила контракты на сооружение 36 атомных реакторов за рубежом и строит реакторы в Турции, Иране, Египте, Индии, Вьетнаме, Бангладеш, Венгрии, Беларуси [15,17]. Расширение географии увеличивает опасность создания ядерного оружия и его применения со стороны тех стран, руководители которых могут попытаться использовать его для уничтожения противника.

Во всём мире во всём мире, кроме Китая и России, развитие атомной энергетики прекратилось, кроме стран желающих также иметь возможность получить своё ЯО.

А в России несмотря на:

1. проблему нераспространения ядерного оружия [3,5,21], особенно при использовании плутониевого МОКС-топлива,
2. исключительно высокий уровень опасности при крупных авариях с разрушением активной зоны реактора [7-9], вероятность которых возрастает при продолжении эксплуатации реакторов сверх определённого конструкторскими проектами времени в 30 лет: для реакторов РБМК до 45 лет для , а для ВВЭР до 60 лет,
3. проблему с накоплением огромного количества весьма опасных радиоактивных продуктов при переработке ОЯТ для своих и иностранных реакторов [19],
4. проблему вывода из эксплуатации реакторов АЭС и утилизацию всех радиоактивных отходов [23,24].
5. дороговизну строительства (больше 7 млрд. долл. за ГВт установленной мощности АЭС) и высоких расходов на хранение ОЯТ и РАО, а также высокую стоимость работ по п.4 [3,20]

согласно стратегическому безальтернативному плану атомная энергетика остается ведущей отраслью при высоком бюджетном финансировании, в том числе и реакторов за рубежом.

Сейчас необходимость интенсивного развития атомной энергетики руководители атомного ведомства и заинтересованные в продолжении финансирования сотрудники этого ведомства обосновывают следующими аргументами. Во-первых, это как и 44 года [25], ограниченностью и сравнительно быстрым исчерпанием в мире запасов топлива нефти и газа и высоким загрязнением биосферы при сжигании угля. Альтернативы атомной энергии для человечества в будущем нет - декларируется руководителями атомного ведомства и за ними руководителями государства. Но сейчас этот аргумент звучит странно. Исчерпаемость природных ресурсов и дефицит энергии не угрожает человечеству. Обусловлено это тем, что запасы нефти и газа с учётом колоссальных резервов, находящихся и в шельфовой зоне и особенно в сланцевых породах весьма велики. Запасы горючих сланцев с содержанием нефти 30 литр/т в 8,5 раза больше энергии содержащейся в мировых запасах нефти газа и угля. Этих запасов хватит более чем на 2000 лет. [26]. Да и с углём не так катастрофически плохо. Это касается топливной составляющей мировой энергетики. Если же добавить к топливной составляющей уже освоенную во многих странах энергию возобновляемых источников, то энергетическая безопасность человечества с лихвой обеспечена без уран-плутониевой атомной энергетики, весьма опасной для людей и биосферы. Поэтому многократно повторяемые заявления о безальтернативности атомной энергетики для обеспечения энерге-

тической безопасности человечества звучат весьма неубедительно, учитывая возникшие и уже давно применяемые альтернативные безопасные для биосферы источники энергии.

Академик Р.И.Нигматуллин (директор института океанологии РАН) на основании исследования предыдущих эпох изменения уровня океана показал [27], что основной причиной этого изменения уровня океана является Солнце, количество тепла от которого периодически меняется, приводя к изменению температуры на поверхности Земли, меняя соотношение воды в ледниках и в океане и соответственно к изменению его уровня.

Содержание же  $\text{CO}_2$  в атмосфере напрямую связано с температурой воды в мировом океане, поскольку его находится в 100 раз больше, чем в воздухе, а половина растворена в воде, в количестве определяемом температурой воды. Деятельность же человека по сравнению с этим процессом очень мало изменяет равновесное содержание этого газа в атмосфере. Увеличение его содержания в атмосфере связано с временным незначительным потеплением, а не наоборот, как пытались и пытаются нас убедить теоретики катастрофического потепления, обусловленного сжиганием органического топлива. От солнца Земля получает энергию на много порядков большую, чем от всей деятельности людей, а сейчас предполагается вскоре сокращение активности процессов на Солнце, соответственно похолодание и падение уровня мирового океана. Через 10 лет активность процессов на Солнце начнёт снижаться, и если будет сжигаться даже значительно большее органического топлива, то это не приведет к компенсации наметившегося похолодания, близкого к ледниковому периоду.

Этой же точки зрения придерживается и один из ведущих специалистов в области геофизики А.П.Капица

Так же считает В.М.Котляков, академик РАН (1990), директор Института Географии РАН, почетный президент Русского географического общества, Участник и руководитель экспедиций в Антарктиде, на Новой Земле, Эльбрусе, Заилийском Алатау и Памире [29]. В беседе с репортёром Свободной Прессы он заявляет : «На самом деле Киотский протокол и вся проблема глобального потепления научно не обоснованы. Доказательств того, что потепление будет продолжаться, нет никаких».

Проф.А.М.Городницкий в статье «Конец мифа о глобальном потеплении» пишет: «Британские специалисты пришли к выводу, что уже через 10-15 лет на нашей планете наступит новое глобальное похолодание» [30].

Весьма убедительная информация об отсутствии катастрофического потепления приведена в статье второй раз опубликованной в Экологическом Вестнике России, авторами которой являются директор Арктического и Антарктического института проф. Фролов И.Е. и ведущие сотрудники и профессора института [30].

Если даже предположить, что академики и профессора ошибаются и накопление парниковых газов приведет к катастрофическому (более  $3^0 \text{ C}$ ) потеплению и потопу, то одна Россия не спасает человечество от тепловой

катастрофы при максимальном сокращении традиционных источников тепловой энергией. При этом газ и нефть в огромных количествах продаётся для сжигания тем странам, которые считают для себя невозможным после Чернобыльской и японской атомных катастроф получать энергию на атомных станциях, считая уровень опасности от АЭС для населения своих стран слишком высоким. Россия же обеспечивает их газом и нефтью, спасая от возможных последствий атомной катастрофы.

### **Возобновляемые источники энергии в мире и в России**

Но по правде говоря, эта пускай и совсем неправильная по мнению ведущих специалистов по климату теория потепления, человечеству принесла большую пользу, поскольку только благодаря ей удалось в весьма сжатые сроки освоить незагрязняющие атмосферу и Землю источники энергии. Себестоимость получаемой на этих источниках энергии уже несколько лет значительно ниже атомной, поэтому нет никакой необходимости строить большое количество опасных для экологии АЭС, заменяя ими электростанции на угле, да и транспорт будущего ориентирован сейчас на использовании электроэнергии от ветровых и солнечных производителей энергии. При составлении ниже приведённой таблицы использовали обзор Шнайдера [32].

Таблица 1

**Средняя себестоимость производства электроэнергии в долларах за 1 МВт\*час для различных источников**

Ресурсы	2009 г	2014 г	2017 г
Ядерная энергетика	110	115	135 (+22%)
Газ, комб. цикл	75	65	60 (-20%)
Ветровая	130	50	40 (-69%)
Солнечная энергетика	350	80	50 (-86%)

Приоритетным для сокращения выбросов парниковых газов является другой, экологически чистой возобновляемой энергии Солнца и ветра, и в неё инвестируется на порядок больше средств. Атомная энергетика в остальных странах держится только на продлении времени работы реакторов намного большим запроецированного, что безусловно увеличивает опасность их эксплуатации. Без этого продления атомная энергетика прекратила бы своё существование через 10 лет.

Кроме Китая, Индии и России с учётом указанных выше проблем атомная энергетика постепенно свёртывается. Во всём мире инвестиции в неё уже давно значительно ниже, чем в экологически чистые возобновляемые источники энергии, что видно в табл.2, данные взяты нами из того же обзора М.Шнайдера [32]. Ниже (табл. 2) представлены эти инвестиции.

**Инвестиции в мире в различные отрасли энергетики**

Отрасль энергетики	Биллион \$ в год		
	2009 г	2014 г	2017 г
Ядерная	40	25	20
Ветровая	80	110	110
Солнечная	60	150	160

Строительство возобновляемых источников энергии является приоритетным сейчас во всём мире, по самым разным прогнозам. Возобновляемые источники энергии обеспечили наибольшее увеличение в производстве энергии. На их долю в 2019 году приходится более 40% мирового роста первичной энергии, что больше, чем на любое другое топливо. Их доля в выработке электроэнергии (10,4%) также превзошла ядерную в первый раз [33].

**Заключение**

Атомная энергетика действительно не создаёт парниковых газов и других вредных продуктов, загрязняющих атмосферу. Но она производит колоссальное количество радиоактивных продуктов и самый опасный из них плутоний. Исчезающе малая вероятность большой аварии с выбросом активности за пределы АЭС присутствует только в документах и статьях представителей атомного ведомства, как и 43 года назад [25]. А перевод даже всей-всей энергетики России на атомную, очень мало спасёт человечество от грядущего потепления и всемирного потопа, поскольку производит она парниковых газов, главным из которых является CO<sub>2</sub> очень немного по сравнению с другими странами, которые производство не сокращают, что видно из табл.3 [34].

Таблица 3

**Выбросы CO<sub>2</sub> в млрд т в 1990 и 2018гг. по странам**

Страны	Китай		Разв страны	США	ОЭСР	Индия	Япония	Россия
1990	2.3		4.5	5	5.6	0.7	1.0	2.2
2018	9.4		8	6	6.1	2.5	1.1	1.6

Почему в первой строке приведён 1990 год? Потому что выбросы CO<sub>2</sub> за этот год приняты как первый ориентир к которому должны стремиться все страны, и как видим, только Россия достигла этого, сократив производство не только этого газа, но и атомной энергетики среди всего прочего.

Во всём мире в последнее десятилетие получили исключительно высокое развитие нетрадиционные экологически чистые возобновляемые источники энергии, которые практически совсем не используются в России, хотя энергетические резервы энергии ветра, геотермальной энергии и приливной энергии моря самые большие. Но, благодаря мощному лоббированию

нию представителями всего ядерного сектора, частью которого является мирная атомная энергетика, именно эта энергетика избрана для обеспечения энергетической безопасности России на долгие времена. Россия строит многие атомные реакторы не только у себя, но и за рубежом при условии поставки для них ЯТ с последующим возвратом в Россию ОЯТ для переработки в опасное МОКС-топливо. В г. Железногорске под Красноярском построен и уже действует комбинат по переработке 2000 тонн ОЯТ в год. Большая авария, которую нельзя исключить и при нормальной работе реактора, может быть обусловлена также терактом или ударом неядерного оружия в военном конфликте по АЭС или хранилищу ОЯТ, а в случае МОКС топлива станут более опасными. Стратегия Росатома развития АЭ с замыканием ядерного топливного цикла при использовании реакторов на быстрых нейтронах увеличивает опасность для биосферы многократно из-за более высокого содержания в ЯТ плутония и необходимости частой переработкой ОЯТ, которую предполагают проводить рядом с реактором. Высоко затратный атомный путь развития энергетики страны является опасным и не только для России, а её лишает возможности финансировать и потому совершенствовать и развивать все другие области энергетике, которые сейчас осваиваются во всём мире, и это при том, что запасы традиционных источников самые большие, а резервы альтернативных возобновляемых экологически чистых источников энергии неисчерпаемы.

Аргументы, которыми пытаются обосновать необходимость инвестиций в развитие весьма опасной и дорогой атомной энергетике, являются при анализе несостоятельными. Только благодаря мощной поддержке весьма влиятельного военного ядерного лобби, мирная плутониевая атомная энергетика считается приоритетной и получает высокое финансирование.

Может быть, в России, как уже почти во всех странах, возьмутся по-настоящему, а не жалкими крохами, как указано в официальных планах [16,17] использовать самые большие на Земле ресурсы возобновляемой энергии?

Благоприятные перспективы использования солнечной энергии есть на Северном Кавказе, в Нижнем Поволжье и в Забайкалье, т. е. в районах, где в году много ясных солнечных дней. Самые ветряные районы в расположены вдоль береговой линии Северного Ледовитого океана и в Калининградской области. На Кольском полуострове, в Кислой губе есть небольшая электростанция, работающая на энергии морских приливов и отливов, начатое же давно строительство большой Мензеньской приливной станции из-за отсутствия финансирования практически прекращено. Большие возможности для строительства такого рода электрических станций имеются на побережье Охотского моря, где приливы достигают 18 метров.



Источники геотермальной энергии есть в сейсмически активных зонах Земли. В России это Камчатка (в долине гейзеров работает только одна небольшая электростанция) и одна на Курильских островах.

Но эти резервы не используются, поскольку основное внимание и средства направлены на атомную энергетику, альтернативы которой как неправильно утверждают руководители атомного ведомства, а за ними и государства - нет.

### **Библиографический список**

1. Яковлев Р.М., акад. РАН Данилевич Я.Б., Игнатьев М.Б., Суглобов Д.Н. Атомная энергетика без плутония и Чернобыля. Мир и Согласие, №2(35), М. 2008.
2. Яковлев Р.М., Обухова И.А. На пути к безопасной атомной энергетике, Биосфера, СПб, Фонд 21 век. Т.9, N2, 2017,с.123-135.
3. Яковлев Р.М., Обухова И.А. О нераспространении ядерного оружия и проблемах развития атомной энергетики России. Эк.вестник России, N1, 2020.с.32-36.
4. Яковлев Р.М, Обухова И.А. Оценка перспектив применения альтернативных моделей реакторов в ядерной энергетике. Сб.Инф.сист.и технологии. Вып.10, Ч.2, СПб, СПбГЛТУ,2018, с.3.-13.
5. Яковлев Р.М., Обухова И.А. Ситуация с нераспространением ядерного оружия и проблемы развития атомной энергетики. Сб. СПбГЛТУ «Инф.сист.итехн.:теория и практ.»,вып.11, СПб, СПбГЛТУ,2019,с.153-169.
6. Действие ядерного оружия. Перев. с англ. Изд.Мин.обор.СССР.М., 1963.2001.
7. Яблоков А.В, Нестеренко В.Б, Нестеренко А.В. Чернобыль: последствия катастрофы для человека и природы. СПб.: Наука; 2011.
8. Римский-Корсаков А.А. Две аварии. Атомная стратегия XXI. 2011(53):20-25.
9. Велихов Е.П. От атомной энергии в современном виде надо отказаться» Интервью для программы «Проект 2035», <http://2035.media/2017/12/22/velikhov-interview/>.
- 10.Суглобов Д.Н., Яковлев Р.М., акад. РАН Мясоедов Б.Ф. Торий-урановый топливный цикл для тепло- и электроэнергетики. Радиохимия, 2007; 49(5):385-92
- 11.Распоряжение Председателя Правительства РФ № 1634-р ,01.08. 2016
- 12.Кириенко С.В. Приветствие к участникам Форума.- Атомная энергия, общество, безопасность (общественный форум-диалог - М. 18-19 апреля 2007 года., стр.9.)
- 13.Грачёв В.А.Ускоренное развитие атомной энергетики как путь решения глобальных экологических проблем. Атомная энергия, общество, безопасность (общественный форум-диалог - М. 18-19 апреля 2007 года., стр.9.)

14. Понамарёв-Степной Н.Н. Атомная энергетика-путь к энергетической безопасности, доклад. Конгресс АТОМCON, Москва.2008.
15. Головин Р.А. Прогноз атомной энергетики до 2050 г. <http://www.innovrosatom.ru/upload/medialibrary/90a/2.%20Доклад%20Головин>
16. Отчёт Мин энергетики РФ за 2018 г.
17. Беззубцев В.М. Опережающее технологическое развитие электроэнергетического дивизиона. РЕА №12 2019
18. Проект «Прорыв» <http://proryv2020.ru/o-proekte/>.
19. Проскуракова Л. Форсайт для "энергетического" приоритета Российской научно-технической стратегии <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100378>.
20. СПбГЛТУ им. С.М.Кирова Нигматуллин Б.И. Прогноз мирового электропроизводства. Ат. стратегия, N4,2017.
21. Яблоков А.Я. Неразрывная связь атомной энергетики с расаространением ядерного оружия. Атомная энергия, общество, безопасность (общественный форум-диалог - М. 18-19 апреля 2007 года., стр.9.)
22. Серебряков Б.Е. Создание радиоактивного наследия при ликвидации ядерного. Атомная Стратегия 16.05.2017.
23. Муратов О.Э. Снятие АЭС с эксплуатации: проблемы и пути решения ,// Атомная стратегия. [14/01/2008
24. Daniel Häfner M.A.. German experiences in public participation concerning nuclear facilities. Environmental Policy Research Centre, FFU. 23, 08,2015
25. Александров А.П. и др. Атомная наука и техника в СССР М. Атомиздат,1977, 358 с.
26. Сергеев Ю.Н, Кулеш В.П. Проблемы цикличного и стационарного развития цивилизации в глобальных моделях. Биосфера. 2017;9:13-47.
27. Нигматуллин Р.И. Во власти океана. Наука в России (РАН).Июль-август 4(2010),с.54-62.
28. Молдаванов Д.,(интервью с .А.П.Капица). Глобальное потепление и озоновые дыры-научообразные мифы. Вестник. N 20(357) 29/09/ 2004. <http://www.vestnik.com/issues/98/1013/win/moldav.htm/>
29. Котляков В.М.Свободная Пресса: 7.12.1912
30. Городницкий А.М.- Конец мифа о глобальном похолодании, на сайте издания «Новые Известия» 10 февраля 2017
31. Фролов И.Е., Гудкович З.М, Карклин В.П, Смоляницкий В.М. - изменения климата земли – результат действия естественных причин – Эк.вестник России, М. №3, 2020
32. Schneider M., Фроггатт А., Hazemann J.и др. World Nuclear Industry Status Report 2018. Доклад о состоянии мировой ядерной промышленности 2018. (HTML).jeudi 6 septembre 2018. WNISR-18.
33. BP Statistical Review of World Energy 2020
34. BP Statistical Review of World Energy 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>А.М. Заяц</b> 100 – летию со дня рождения доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР Анатолия Михайловича Половко посвящается...	3
<b>М.Р. Вагизов</b> Кафедра информационных систем и технологий: от прошлого к будущему	8
<b>Ю. Е. Актерский, Д. А. Федоров, В.В. Лабец</b> Математическая модель для оценки эффективности применения подразделений обеспечения в сложной организационно-технической системе	11
<b>А. К. Бойцов, А. П. Потапов, А. С. Булатов</b> Проблемы и пути решения применения RFID технологий в лесном хозяйстве	17
<b>Н.П. Васильев, Б.М. Каримов</b> Связь с внешними серверами из webview мобильной платформы	23
<b>Н.П. Васильев, М.Л. Шилкина</b> Пример разработки и интеграции внешнего обучающего ресурса с СДО-Moodle университета на основе спецификации IMS LTI (Learning Tool Interoperability)	33
<b>К. С. Веретенникова, С. П. Хабаров</b> Основы моделирования WI-FI Direct сетей в среде OMNeT++	49
<b>В.А. Горбачев</b> Анализ движения контингента студентов СПбГЛТУ	54
<b>В.А. Горбачев</b> Анализ успеваемости университета с использованием <i>SQL Server Analysis Services</i>	58
<b>А.Д. Григорьев</b> Использование NODE.JS для серверной архитектуры WEB – приложения	71
<b>Т.К. Екшикеев, И.А. Обухова</b> Новые инновационные идеи при решении исследовательских и практических задач с оптимальным использованием ресурсов	76
<b>А.М. Заяц, Т.И. Игнатьева</b> Алгоритм определения показателей эффективности беспроводных сенсорных сетей	81
<b>С. С. Колмогорова, С.В. Бирюков</b> Уточненный расчет влияния разности диэлектрической проницаемости прикладных условий эксплуатации сенсоров	89
<b>С. С. Колмогорова, С.В. Бирюков, Д.В. Иванов</b> Автоматизированные информационно-измерительные системы с управлением обработки сигналов сенсоров	99

<b>В.С. Колыгин, М.Р.Вагизов</b> Исследование применения технологии RFID-меток для предотвращения незаконных рубок	109
<b>К. В. Конжголадзе, С. П. Хабаров</b> Анализ работы протокола IPv6 с использованием виртуальных машин среды VirtualBox	114
<b>В. В.Лабец, М.П. Филяев</b> К вопросу о совершенствовании технологии эксплуатации сложных технических объектов, функционирующих в автономном режиме	122
<b>Н.В. Меламед</b> Применение технологий виртуализации в образовательном процессе ВУЗа	127
<b>В. С. Соловей, С. П. Хабаров</b> Распределенное взаимодействие узлов сети в судовых системах ДАУ	135
<b>И. Б Соловьев</b> Информационные технологии, используемые для строительства дорог и их сравнительный анализ	142
<b>А. Р. Сулимова</b> 3D-печать тактильных карт	146
<b>Е.В.Тетюев</b> Сравнительный анализ использования элементов HTML для создания карт и схем	150
<b>М. П. Филяев, М.Н. Волков</b> Основные направления применения имитационного моделирования в образовательном процессе Вуза	155
<b>Л.В.Чулков, С. П. Хабаров</b> Использование Wireshark для анализа стека протоколов IP-телефонии	161
<b>М.Л. Шилкина, Н.П. Васильев</b> Разработка мультиагентного приложения для оптимизации перевозок леса на основе агентной платформы JADE	171
<b>А.А. Широковская, М.А. Новикова</b> Обзор программного обеспечения при обработке материалов лесоустройства в камерально-полевых условиях	185
<b>И.А. Обухова, Р.М. Яковлев</b> Информационная оценка развития атомной энергетики России в борьбе с потеплением климата	188

*Научное издание*

Отв. редактор  
**Вагизов** Марсель Равильевич

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ:  
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

**Сборник научных трудов**

**В ы п у с к 13**

*В авторской редакции с готового оригинал-макета*

---

Подписано с оригинал-макета 08.04.21.  
Усл.-печ. л. 12,5. Заказ № 29. С 194.

---

Санкт-Петербургский государственный  
лесотехнический университет имени С. М. Кирова  
Издательско-полиграфический отдел  
194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 3