

ISSN 2072-0297

МОЛОДОЙ УЧЁНЫЙ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



44 2023
ЧАСТЬ I

16+

Молодой ученый

Международный научный журнал

№ 44 (491) / 2023

Издается с декабря 2008 г.

Выходит еженедельно

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

Редакционная коллегия:

Жураев Хусниддин Олгинбоевич, доктор педагогических наук (Узбекистан)
Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук
Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук
Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук
Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)
Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук
Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук (Казахстан)
Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук (Азербайджан)
Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук
Бердиев Эргаш Абдуллаевич, кандидат медицинских наук (Узбекистан)
Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук
Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук
Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук
Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук
Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук
Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук
Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения
Искаков Руслан Маратбекович, кандидат технических наук (Казахстан)
Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам (Казахстан)
Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук
Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук
Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук
Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук
Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук
Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук
Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук
Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук
Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук
Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук
Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук
Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук (Казахстан)
Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии (Казахстан)
Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук
Рахонов Азизхон Боситхонович, доктор педагогических наук (Узбекистан)
Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук
Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук
Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук
Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры
Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук (Узбекистан)
Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук
Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)
Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)
Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)
Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)
Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)
Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)
Буриев Хасан Чутбаевич, доктор биологических наук, профессор (Узбекистан)
Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)
Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)
Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)
Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Досманбетов Динар Бакбергенович, доктор философии (PhD), проректор по развитию и экономическим вопросам (Казахстан)
Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)
Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)
Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)
Кадыров Култур-Бек Бекмурадович, доктор педагогических наук, и.о. профессора, декан (Узбекистан)
Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)
Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)
Кошербаева Айгерим Нуралиевна, доктор педагогических наук, профессор (Казахстан)
Курпаяниди Константин Иванович, доктор философии (PhD) по экономическим наукам (Узбекистан)
Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Кыят Эмине Лейла, доктор экономических наук (Турция)
Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)
Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)
Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)
Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)
Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)
Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)
Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)
Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)
Султанова Дилшода Намозовна, доктор архитектурных наук (Узбекистан)
Узаков Гулом Норбоевич, доктор технических наук, доцент (Узбекистан)
Федорова Мария Сергеевна, кандидат архитектуры (Россия)
Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)
Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)
Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)
Шуклина Зинаида Николаевна, доктор экономических наук (Россия)

На обложке изображен Владислав Маркович Иллич-Свитыч (1934–1966), советский лингвист-компаративист, который внес большой вклад в развитие славянской акцентологии и спорной ностратической теории.

В. М. Иллич-Свитыч родился в Киеве, был в семье единственным, поздним и обожаемым ребёнком. Ещё в школе Владислав начал интересоваться языками; кроме немецкого языка в школе, отдельно занимался с преподавателем английским. Уже тогда у него стала собираться картотека по интересующим его лингвистическим вопросам.

В 1952 году Владислав закончил 10-й класс с золотой медалью и сразу же поступил в МГУ им. Ломоносова на филологический факультет (славянское отделение, болгарский язык и литература). Преподаватель болгарского языка Н. В. Котова, вспоминая о первых годах его учёбы в университете, пишет: «Слава, как оказалось, выбрал славянскую филологию вполне осознано: он удивил меня тем, что (необычный факт!) ещё до поступления в университет уже прочитал (изучил!) учебник по болгарскому языку С. Б. Бернштейна». Профессор С. Б. Бернштейн также обратил внимание на способного студента, он же рекомендовал его в члены Научного студенческого общества. С. Б. Бернштейн был руководителем и дипломной работы Иллич-Свитыча «Славянские именные основы на –й. Включение заимствований в интонационный тип». В архиве сохранился рукописный отзыв С. Б. Бернштейна об этой работе, в котором он называет её «первым исследованием данного вопроса, выполненным молодым учёным на высоком научном уровне».

В 1957 году Владислав Иллич-Свитыч окончил университет с красным дипломом и был рекомендован в очную аспирантуру по сравнительной грамматике славянских языков.

Первые два экзамена в аспирантуру по сравнительной грамматике славянских языков и болгарскому языку, как и по немецкому языку, Владислав сдал на отлично, но по истории КПСС он получил оценку 3. Это означало, что путь в очную аспирантуру был для него закрыт.

Диплом с отличием давал возможность выпускнику МГУ найти работу, близкую своим научным интересам, — место редактора в Государственном издательстве иностранных и национальных словарей (в славянской редакции), где он проработал около года, а в мае 1958 года перевёлся в Институт славяноведения АН СССР на должность младшего научного сотрудника в секторе славянского языкознания. С этого времени он с головой ушёл в науку и всего за несколько лет смог сделать очень многое.

В 1963 году Владислав Маркович опубликовал книгу «Именная акцентуация в балтийском и славянском. Судьба акцентуационных парадигм». Это был большой

успех и значительная веха на пути создания ностратической теории. Работа была принята хорошо, даже предлагалось выдвинуть её на докторскую степень, но Владислав Маркович отказался. Он был молод, впереди, казалось, ещё много лет, и он всё успеет. К тому же в это время он был очень увлечён сложнейшей работой над «Ностратическим словарём», рукописный текст которого он собирался закончить к концу 1966 года.

В конце лета 1966 года Владислав Маркович собирался в экспедицию по изучению венгерских говоров Закарпатья, однако 21 августа 1966 года он был сбит автомашиной, а 22 августа скончался в городской больнице г. Щёлкова, не дожив всего нескольких недель до 32 лет.

За короткий период творческой деятельности учёный совершил прорыв в целом ряде областей лингвистики. Широкую известность и признание получила разработанная им ностратическая теория отдаленного родства индоевропейских, картвельских, семитохамитских, древнеиндийских, уральских и алтайских языков, он создал сравнительную фонетику этих языков и словарь общих корней. В области славяноведения учёный исследовал преимущественно вопросы славянской и балтийской акцентологии и карпатистики.

Он доказал генетическое тождество балтийской и славянской акцентных систем с индоевропейской, реконструируемой на основе показаний древнеиндийского, греческого и германских языков, установил ряд диахронических акцентологических законов (некоторые из них названы его именем). Статья Иллич-Свитыча о карпатской миграции славян заложила основы активного изучения лингвистами разных стран карпатских диалектов и привела к созданию огромного по масштабам международного коллективного труда — «Карпатского диалектологического атласа».

Публикацией незаконченного «Опыта сравнения ностратических языков» после смерти Иллич-Свитыча занялись его коллеги, В. А. Дыбо и А. Б. Долгопольский, в 1971 году издавшие первый том. Второй том вышел в 1976 году, а третий, созданный по материалам картотеки Иллич-Свитыча, — лишь в 1984 году.

К выходу этой книги была приурочена конференция, посвящённая ностратическому языкознанию; впоследствии её участники организовали «Ностратический семинар имени В. М. Иллич-Свитыча», посвящённый проблемам дальнего родства. С 1992 года семинар проходит на базе Центра компаративистики Института восточных культур и античности РГГУ.

*Информацию собрала ответственный редактор
Екатерина Осянина*

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Оразгулыев М. А., Иламанов Б. Б. Векторы в геометрических задачах	1
Оразгулыев А., Овездурдыева И. К. Математическая модель волновых явлений в упругом теле при наличии дефектов	3
Усков В. И. Формула Маклорена характеристического многочлена для квадратной матрицы размерности 5	5

ФИЗИКА

Гараев Э. С., Гахраманов Н. Ф., Нуруллаев Ю. Г., Сардарова Н. С. Получение и исследование оптических свойств монокристаллов полупроводниковых соединений $CuInSe_2$	8
Иламанов Б. Б., Кизилев К. Р. Виды производства электроэнергии	10
Тыллануров Ы. М. Электрические свойства пленки $Ni - Si$	12

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Бунаков Д. С. Защита веб-приложения на фреймворке Django	15
Грачев А. Э. Улучшение производительности разрабатываемого приложения	18
Золин А. А. Разработка подсистемы распределенных вычислений для экосистемы научных исследований	20

Ромаданов С. М. Проблемы обнаружения и отслеживания протяженных объектов	24
Ромаданов С. М. Эффективность алгоритма объединения данных	26
Ромаданов С. М. Постановка задачи обнаружения и измерительная модель RM	28
Чернышев К. С. Ранжирование проектов информационной безопасности	30

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Вовасова М. А. Изготовление набора для развития мелкой моторики посредством трехмерного моделирования, аддитивных и лазерных технологий	34
Исмаилов Р. А., Гайнуллин Р. Р. Применение искусственного интеллекта в радиолокационной разведке	37
Луговской Е. С. Эволюция микроволновой связи — выход за пределы 100 ГГц	40
Луговской Е. С. Продвинутая сеть 5G — эволюция в сторону сети 6G	48
Малиновский И. М., Белов К. И. Использование численного эксперимента для оценки теплового состояния разрабатываемого вставного прибора	54
Невзоров И. А. Оценка влияния помех от передатчиков инфракрасного дистанционного управления на приемник сигналов ротационного лазерного нивелира	59

КУЛЬТУРОЛОГИЯ

Красникова Л. Н., Мастерная В. П.

Воспитательный и нравственный потенциал
праздничной культуры в обрядовой деятельности
Белгородской области 62

ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

Кирпу С. А.

Характеристика кантатно-ораториального
творчества И. С. Баха.....66

Кисель Е. К.

Жанр «реквием» в эпоху романтизма.....70

МАТЕМАТИКА

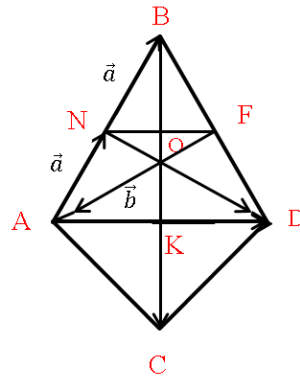
Векторы в геометрических задачах

Оразгулыев Мердан Амангулыевич, преподаватель
Средняя школа № 98 г. Ашхабада (Туркменистан)

Иламанов Байрамберди Байраммырадович, преподаватель
Туркменский государственный университет имени Махтумкули (г. Ашхабад, Туркменистан)

В настоящей работе излагаются методы решения геометрических задач с использованием аппарата векторной алгебры. В отличие от большинства имеющихся задач, где основной акцент сделан на изучении и закреплении формальных операций над векторами, в данной работе основным является развитие у учащегося технических навыков на основе решения содержательных геометрических задач.

Задача 1: Доказать, что медианы треугольника пересекаются в одной точке, которая делит каждую из медиан в отношении 2:1, считая от вершины.



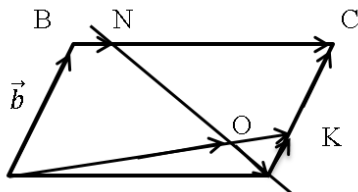
Доказательство:

В треугольнике $\triangle ABD$ точки F и N-середины сторон BD и AB соответственно, O-точка пересечения медиан AF и DN.

Введя $\xi = \frac{DO}{ON}$ и $\eta = \frac{AO}{OF}$, докажем, что $\xi=\eta=2$. Пусть $\vec{AN}=\vec{a}$, тогда $\vec{AB}=2\vec{a}$, и $\vec{AD}=\vec{b}$. По формуле деления отрезка DN точкой O в отношении ξ имеем $\vec{AO}=\frac{\vec{b}+\xi\vec{a}}{\xi+1}$. Следовательно, получим $\vec{AF}=\vec{AO}+\vec{OF}=\vec{AO}+\frac{\vec{AO}}{\eta}=\frac{\eta+1}{\eta}\vec{AO}=\frac{\eta+1}{\eta}\frac{\vec{b}+\xi\vec{a}}{\xi+1}$. Точка F делит отрезок DB в отношении 1:1, поэтому $\vec{AF}=\frac{\vec{AD}+\vec{AB}}{2}$. Сравнивая полученные для вектора \vec{AF} выражения, приходим к равенству $\frac{\eta+1}{\eta}\frac{\vec{b}+\xi\vec{a}}{\xi+1}=\frac{\vec{b}+2\vec{a}}{2}$. В силу неколлинеарности векторов \vec{a} и \vec{b} отсюда следует, что $\frac{\eta+1}{\eta}\frac{1}{\xi+1}=\frac{1}{2}$; $\frac{\eta+1}{\eta}\frac{\xi}{\xi+1}=1$.

Разделив одно из этих равенств на другое, получим $\xi=2$. Следовательно $\frac{\eta+1}{\eta}=1:\frac{2}{3}=\frac{3}{2}$, то есть $\eta=2$. Таким образом, доказано, что точка O, лежащая на медиане DN и делящая ее в отношении 2:1, лежит на медиане AF и делит ее в том же отношении. Аналогично можно установить, что та же самая точка O медианы DN лежит и на медиане BK и делит ее в отношении 2:1, считая от вершины B. Следовательно, все три медианы треугольника ABD пересекаются в одной точке и делятся этой точкой в отношении 2:1, считая от вершины.

Задача 2: На сторонах CD и BC параллелограмма ABCD взяты точки N и K так, что $\frac{BN}{NC} = \eta$, $\frac{DK}{KC} = \xi$, где ξ и η — заданные положительные числа. Прямые ND и AK пересекаются в точке O. Найти отношение $\frac{NO}{OD} = ?$



Решение:

Пусть $\vec{a} = \vec{AD} = \vec{BC}$, $\vec{b} = \vec{AB} = \vec{DC}$.

Тогда из равенств $\vec{a} = \vec{BC} = \vec{BN} + \vec{NC} =$

$$= \vec{BN} + \frac{1}{\eta} * \vec{BN} = \frac{\eta+1}{\eta} * \vec{BN} \text{ находим, что } \vec{BN} = \frac{\eta * \vec{a}}{\eta+1}.$$

Аналогично имеем, $\vec{DK} = \frac{\xi * \vec{b}}{\xi+1}$. Таким образом, $\vec{AN} = \vec{AD} + \vec{DN} = \vec{a} + \frac{\xi * \vec{b}}{\xi+1}$; $\vec{ND} = -\vec{BN} - \vec{AB} + \vec{AD} = \frac{-\eta * \vec{a}}{\eta+1} - \vec{b} + \vec{a} = \frac{\vec{a}}{\eta+1} - \vec{b}$. Рассмотрим цикл AODA. По правилу цикла $\vec{AO} + \vec{OD} + \vec{DA} = \vec{0}$. (1)

Здесь, векторы \vec{AO} и \vec{OD} неизвестны. Однако они коллинеарны векторам \vec{AK} и \vec{ND} соответственно, поэтому существуют такие неизвестные числа x и y , что $\vec{AO} = x * \vec{AK} = x * \vec{a} + \frac{\xi * x * \vec{b}}{\xi+1}$; $\vec{OD} = y * \vec{ND} = \frac{y * \vec{a}}{\eta+1} - y \vec{b}$. Подставляя полученные выражения в равенство (1), имеем $(x * \vec{a} + \frac{\xi * x * \vec{b}}{\xi+1}) + (\frac{y * \vec{a}}{\eta+1} - y * \vec{b}) - \vec{a} = \vec{0} \Leftrightarrow (x + \frac{y}{\eta+1} - 1) * \vec{a} + (\frac{\xi * x}{\xi+1} - y) * \vec{b} = \vec{0}$. Так как векторы \vec{a} и \vec{b} неколлинеарны, то получаем систему уравнений $\begin{cases} x + \frac{y}{\eta+1} = 1 \\ \frac{\xi * x}{\xi+1} = y \end{cases}$

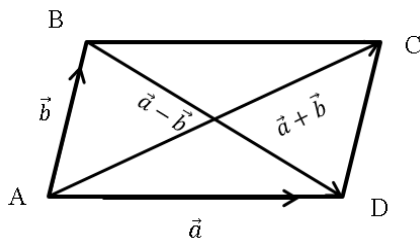
Решая ее, находим

$$y = \frac{\xi * (1 + \eta)}{\xi + (1 + \xi)(1 + \eta)}; \quad x = \frac{(1 + \xi)(1 + \eta)}{\xi + (1 + \xi)(1 + \eta)}.$$

Таким образом

$$\frac{NO}{OD} = \frac{ND - OD}{OD} = \frac{ND}{OD} - 1 = \frac{1 - y}{y} = \frac{1 + \xi + \eta}{\xi * (1 + \eta)}.$$

Задача 3: Доказать, что сумма квадратов длин диагоналей параллелограмма равна сумме квадратов длин всех его сторон.



Доказательство:

Пусть $\vec{a} = \vec{AD}$ и $\vec{b} = \vec{AB}$ векторы сторон параллелограмма ABCD.

Тогда $\vec{a} + \vec{b} = \vec{AC}$ и $\vec{a} - \vec{b} = \vec{BD}$ есть векторы его диагоналей. Складывая почленно равенств $(\vec{a} - \vec{b})^2 = \vec{a}^2 + \vec{b}^2 - 2(\vec{a} * \vec{b})$ и $(\vec{a} + \vec{b})^2 = \vec{a}^2 + \vec{b}^2 + 2(\vec{a} * \vec{b})$, получаем $(\vec{a} - \vec{b})^2 + (\vec{a} + \vec{b})^2 = 2\vec{a}^2 + 2\vec{b}^2$. (1) Поскольку $|AD| = |BC| = |\vec{a}|$; $|AB| = |CD| = |\vec{b}|$ и по формуле (1) получаем $|BD|^2 + |AC|^2 = 2|AD|^2 + 2|BC|^2 = 2|AB|^2 + 2|CD|^2$.

Задача 4: Выразите площадь треугольника ΔABC через длины его сторон $a = |BC|$, $b = |AC|$, $c = |AB|$.

Решение:

Пусть $\vec{a} = \vec{CB}$, $\vec{b} = \vec{CA}$, $\varphi = (\vec{a}, \vec{b})$, S — площадь ΔABC . По формуле $S = \frac{ab}{2} \sin \varphi$ имеем $S^2 = \frac{a^2 b^2}{4} \sin^2 \varphi = \frac{a^2 b^2}{4} * (1 - \cos^2 \varphi) = \frac{1}{4} (a^2 b^2 - a^2 b^2 * \cos^2 \varphi) = \frac{1}{4} (a^2 b^2 - (\vec{a} * \vec{b})^2)$. Теперь, по формуле $(\vec{CB} * \vec{CA}) = \frac{1}{2} (a^2 + b^2 - c^2)$ получил $(\vec{a} * \vec{b}) = \frac{1}{2} (a^2 + b^2 - c^2)$. Следовательно $S^2 = \frac{1}{4} (a^2 b^2 - (\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2})^2) = \frac{1}{4} [(ab + \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2}) * (ab - \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2})] = \frac{1}{4} [\frac{(a+b)^2 - c^2}{2} * \frac{c^2 - (a-b)^2}{2}] = \frac{1}{16} [(a+b)^2 - c^2] * [c^2 - (a-b)^2] = \frac{1}{16} [(a+b+c)(a+b-c) * (c+a-b)(c-a+b)]$.

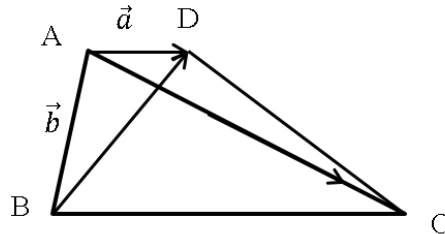
Здесь, если ввести обозначение $p = \frac{a+b+c}{2}$, то получим $a + b - c = a + b + c - 2c = 2p - 2c = 2(p - c)$, $c + a - b = 2(p - b)$, $c - a + b = 2(p - a)$. Тогда имеем:

$$S^2 = \frac{1}{16} * 2P * 2(p - c) * 2(p - b) * 2(p - a) = p(p - a)(p - b)(p - c)$$

или $S = \sqrt{p(p - a)(p - b)(p - c)}$ т. е. получим формулу Герона, где p — полупериметр треугольника ΔABC .

Задача 5: Доказать, что площадь трапеции $ABCD$ равно $S = 2|[\overline{AB} * \overline{AD}]|$, где $AD \parallel BC$ и $\frac{|BC|}{|AD|} = 3$.

Доказательство:



Обозначим $\vec{a} = \overline{AD}$, $\vec{b} = \overline{AB}$. Тогда $\overline{BC} = 3 * \overline{AD} = 3\vec{a}$; $\overline{AC} = \overline{AB} + \overline{BC} = \vec{b} + 3\vec{a}$; $\overline{BD} = \overline{AD} - \overline{AB} = \vec{a} - \vec{b}$. Следовательно $S = \frac{1}{2}|[\overline{AC} * \overline{BD}]| = \frac{1}{2}|[(\vec{b} + 3\vec{a}) * (\vec{a} - \vec{b})]| = \frac{1}{2}|[\vec{b} * \vec{a}] - [\vec{b} * \vec{b}] + 3[\vec{a} * \vec{a}] - 3[\vec{a} * \vec{b}]| = \frac{1}{2}|[\vec{b} * \vec{a}] - 0 + 0 - 3[\vec{a} * \vec{b}]| = \frac{1}{2}|[\vec{b} * \vec{a}] + 3[\vec{b} * \vec{a}]| = \frac{1}{2} * 4 * |[\vec{b} * \vec{a}]| = 2|[\vec{b} * \vec{a}]|$

то есть получим
 $S = 2|[\overline{AB} * \overline{AD}]|$.

Литература:

1. Апанасов, П. Т., Апанасов Н. П. Сборник математических задач с практическим содержанием: Книга для учителя. — М.: Просвещение, 1987 г. — 110 с.
2. Варданян, С. С. Задачи по планиметрии с практическим содержанием: Книга для учащихся 6–8 кл. сред шк. /Под ред. В. А. Гусева — М.: Просвещение, 1989 г. — 144 с.
3. Киселев, А. П. Элементарная геометрия. Книга для учителя. — Москва: Просвещение, 1980 г. — 287 с.

Математическая модель волновых явлений в упругом теле при наличии дефектов

Оразгулыев Амангулы, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель;

Овездурдыева Ирина Курбангельдыевна, старший преподаватель

Туркменский государственный университет имени Махтумкули (г. Ашхабад, Туркменистан)

В данной работе мы будем считать, что рассматриваемая деталь находится в условиях плоской деформации. Для простоты будем идеализировать изделие в виде прямоугольника. На верхнем участке расположен излучатель. Дефекты представляют собой прямоугольники Ω_1 и Ω_2 . Область на плоскости X_1 и X_2 , занятую прямыми (т. е. прямоугольником, за вычетом областей Ω_1 и Ω_2) обозначим через Ω . Рассматриваемое изделие представляет собой упругое тело с дефектами, которые мы также будем считать упругими телами с характеристиками, отличными от характеристик основного тела. В дальнейшем все величины, относящиеся к горизонтальному включению, будем обозначать индексом «1», а к вертикальному — индексом «2».

Введём в рассмотрение вектор перемещения упругого тела с компонентами U_α , где $\alpha = 1, 2$:

$$\vec{U}(x_1, x_2, t) = U_\alpha * \vec{e}_\alpha. \quad (1)$$

Здесь \vec{e}_α — орты выбранной системы координат. По повторяющимся индексам подразумевается суммирование.

Вектор перемещения \vec{U} удовлетворяет системе уравнений динамической теории упругости с переменными коэффициентами Ляме λ и μ :

$$\rho \frac{\partial^2 \vec{U}}{\partial t^2} + A\vec{U} = \mathbf{0}. \quad (2)$$

Здесь $A\vec{U}$ матричный дифференциальный оператор:

$$A\vec{U} = -\frac{\partial \tau_{ik}}{\partial x_k} \vec{e}_i = -\frac{\partial}{\partial x_k} (\lambda \partial_{ik} \varepsilon_{\alpha\alpha} + 2\mu \varepsilon_{ik}) \vec{e}_i. \quad (3)$$

Если λ и μ постоянны, то $A\vec{U}$ превращаются в обычный оператор теории упругости:

$$A\vec{U} = -(\lambda + \mu) \mathit{grad} \mathit{div} \vec{U} - \mu \Delta \vec{U}. \quad (4)$$

Будем полагать, что коэффициенты упругости рассматриваемого тела являются кусочно-постоянными и могут принимать три значения, для коэффициентов упругости изделия сохраним старые обозначения λ и μ , коэффициенты упругости включений будем обозначать через α_1, μ_1 и α_2, μ_2 . Тогда производные от разрывных функций, фигурирующие в (3), должны быть правильно интерпретированы. Их можно рассматривать в смысле теории обобщённых функций.

Таким образом, вектор перемещения $\vec{U}(x, t)$ в областях $\partial\Omega_1$ и $\partial\Omega_2$ удовлетворяет уравнениям:

$$A_i \vec{U} = -(\lambda_i + \mu_i) \mathit{grad} \mathit{div} \vec{U} - \mu_i \Delta \vec{U}, \quad (i = 1, 2), \quad x = (x_1, x_2). \quad (5)$$

На линиях сопряжения, совпадающие с $\partial\Omega_1$ и $\partial\Omega_2$ выполняются условия сопряжения. Они состоят из кинематических условий, означающих непрерывность поля перемещения:

$$[U_1] = [U_2] = 0; \quad (6)$$

Динамических условий на вертикальных участках $\partial\Omega_1$:

$$[\tau_1] = [\tau_2] = 0 \quad (7)$$

Динамических условий на горизонтальных участках $\partial\Omega_1$:

$$[\tau_{22}] = [\tau_{12}] = 0 \quad (8)$$

Здесь символом $[\bullet]$ обозначен скачок соответствующей функции при пересечении границы $\partial\Omega_1$. Напряжение τ_{ik} выражается через перемещения следующим образом:

$$\tau_{22} = \lambda \varepsilon_{\alpha\alpha} + 2\mu \varepsilon_{11}; \quad \tau_{12} = 2\mu \varepsilon_{12}; \quad \tau_{22} = \lambda \varepsilon_{\alpha\alpha} + 2\mu \varepsilon_{22}; \quad (9)$$

$$\text{где } \varepsilon_{\alpha\beta} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial U_\alpha}{\partial x_\beta} + \frac{\partial U_\beta}{\partial x_\alpha} \right).$$

Перейдём к граничным условиям на границе прямоугольника $\Omega \cup \Omega_1 \cup \Omega_2$.

Будем полагать, что при $x_2 = 0, 0 \leq x_1 \leq l$ выполнены условия:

$$U_1 = 0, U_2 = 0. \quad (10)$$

На боковых участках прямоугольника $x_1 = 0, x_1 = l$ отсутствует напряжение $\tau_{11} = \tau_{12} = 0$. Это приводит к равенствам:

$$\lambda * \left(\frac{\partial U_1}{\partial x_1} + \frac{\partial U_2}{\partial x_2} \right) + 2\mu \frac{\partial U_1}{\partial x_1} = 0, \quad \frac{\partial U_1}{\partial x_2} + \frac{\partial U_2}{\partial x_1} = 0 \quad (11)$$

На верхней кромке прямоугольника за исключением участка излучателя, выполняются аналогичные условия:

$$\lambda * \left(\frac{\partial U_1}{\partial x_1} + \frac{\partial U_2}{\partial x_2} \right) + 2\mu \frac{\partial U_1}{\partial x_1} = 0, \quad \frac{\partial U_1}{\partial x_2} + \frac{\partial U_2}{\partial x_1} = 0 \quad (12)$$

Излучатель развивает некоторое давление. Это приводит к условиям:

$$\lambda * \left(\frac{\partial U_1}{\partial x_1} + \frac{\partial U_2}{\partial x_2} \right) + 2\mu \frac{\partial U_2}{\partial x_2} = \cos\Theta * f(t) * \cos(\omega t + \varphi_0) \tau_0 \quad (13)$$

$$\mu * \left(\frac{\partial U_1}{\partial x_2} + \frac{\partial U_2}{\partial x_1} \right) = \sin\Theta * f(t) * \cos(\omega t + \varphi_0) \tau_0.$$

Здесь Θ — некоторый заданный угол: $\Theta \in \left[0, \frac{\pi}{2} \right]$ ω и φ_0 — несущая частота и начальная фаза воздействия, τ_0 — некоторое характерное давление. Функция $f(t)$ огибающую ультразвукового воздействия.

Для завершения формулировки краевой задачи нужно задать начальные условия. Примем их однородными:

$$U_1(x, 0) = 0, \quad \frac{\partial U_1}{\partial t}(x, 0) = \frac{\partial U_2}{\partial t}(x, 0) = 0 \quad (14)$$

Таким образом, для изучения волнового поля в области $\Omega \cup \Omega_1 \cup \Omega_2$ нужно решить краевую задачу (5)-(14) заданными в ней являются величины характеризующие геометрию областей, свойства материала, величины $\Theta, \mathcal{W}, \mathcal{J}$, и функция $f(t)$, описывающие воздействие излучателя. В этом и состоит математическая модель рассматриваемого явления.

Литература:

1. Викторов, И. А. Физические основы применения ультразвуковых волн в технике. — М.; Наука, 1966 г.
2. Ляв, А. Математическая теория упругости. — М.; Наука, 1975 г.
3. Механика деформируемых твёрдых тел: Направления развития. Сборник статей: Перевод с английского В. В. Шлакова / Под редакцией Г. С. Шапиро. — М.: Мир, 1983 г.

Формула Маклорена характеристического многочлена для квадратной матрицы размерности 5

Усков Владимир Игоревич, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель
Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова

В статье получена формула Маклорена характеристического многочлена для квадратной числовой матрицы размерности 5.

Ключевые слова: формула Маклорена, квадратная матрица размерности 5.

Рассмотрим числовую матрицу

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{pmatrix}.$$

Ее характеристическим многочленом называется

$$R(\lambda) = \det(A - \lambda I).$$

Цель работы: получить формулу Маклорена разложения этого многочлена по степеням λ .

Этот результат может применяться, например, при решении систем дифференциальных уравнений.

Введем функции, построенные с помощью определителя от скалярных функций $f_{ij}(x)$, $i, j = 1, 2, \dots, n$:

$$F(x) = \det \begin{pmatrix} f_{11}(x) & f_{12}(x) & \dots & f_{1n}(x) \\ f_{21}(x) & f_{22}(x) & \dots & f_{2n}(x) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1}(x) & f_{n2}(x) & \dots & f_{nn}(x) \end{pmatrix},$$

$$F_n^{(i)}(x) = \det \begin{pmatrix} f_{11}^{(i)}(x) & f_{12}^{(i)}(x) & \dots & f_{1n}^{(i)}(x) \\ f_{21}^{(i)}(x) & f_{22}^{(i)}(x) & \dots & f_{2n}^{(i)}(x) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1}^{(i)}(x) & f_{n2}^{(i)}(x) & \dots & f_{nn}^{(i)}(x) \end{pmatrix}.$$

Обозначим $P(i_1; i_2; \dots; i_n)$ полиномиальный коэффициент. Для него справедливо следующее полиномиальное тождество, которое проверяется непосредственно.

Утверждение 1.

$$P(i_1; i_2; \dots; i_n) = P(i_1 - 1; i_2; \dots; i_n) + P(i_1; i_2 - 1; \dots; i_n) + \dots + P(i_1; i_2; \dots; i_n - 1).$$

Далее, имеет место следующая формула производной.

Далее, пусть

$$S_{n,m} = \{(i_1, i_2, \dots, i_n) : i_r \in \mathbf{N} \cup \{0\}, r = 1, 2, \dots, n, i_1 + i_2 + \dots + i_n = m\},$$

$$S_{n,m}^r = S_{n,m} \setminus \left\{ \left(0; \dots; 0; \underset{r}{m}; 0; \dots; 0 \right) \right\}, r = 1, 2, \dots, n.$$

Утверждение 2.

$$F^{(m)}(x) = \sum_{S_{n,m}} P(i_1; i_2; \dots; i_n) F_n(x). \tag{1}$$

Доказательство. Докажем формулу (1) методом математической индукции по m .

При $m = 1$ она верна (см., напр., [1]).

Пусть она справедлива для $m = M$. Тогда для $m = M + 1$ имеем:

$$F^{(M+1)}(x) = \left(F^{(M)}(x) \right)' = \sum_{S_{n,M}} P(i_1; i_2; \dots; i_n) F_n'(x).$$

Раскроем скобки; в первой сумме вынесем слагаемое по набору $(M; 0; 0; \dots; 0)$, во второй сумме — слагаемое по набору $(0; M; 0; \dots; 0)$ и так далее, в последней сумме — слагаемое по набору $(0; 0; \dots; 0; M)$; сделаем замены: в первой сумме заменив $i_1 + 1$ на i_1 , во второй сумме $i_2 + 1$ на i_2 и так далее, в последней $i_n + 1$ на i_n ; применим утверждение 1. Получим:

$$\begin{aligned}
 & P(M + 1; 0; \dots; 0) \det \begin{pmatrix} f_{11}^{(M+1)}(x) & f_{12}^{(M+1)}(x) & \dots & f_{1n}^{(M+1)}(x) \\ f_{21}^{(0)}(x) & f_{22}^{(0)}(x) & \dots & f_{2n}^{(0)}(x) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1}^{(0)}(x) & f_{n2}^{(0)}(x) & \dots & f_{nn}^{(0)}(x) \end{pmatrix} + \\
 & P(0; M + 1; \dots; 0) \det \begin{pmatrix} f_{11}^{(0)}(x) & f_{12}^{(0)}(x) & \dots & f_{1n}^{(0)}(x) \\ f_{21}^{(M+1)}(x) & f_{22}^{(M+1)}(x) & \dots & f_{2n}^{(M+1)}(x) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1}^{(0)}(x) & f_{n2}^{(0)}(x) & \dots & f_{nn}^{(0)}(x) \end{pmatrix} + \dots \\
 & P(0; 0; \dots; M + 1) \det \begin{pmatrix} f_{11}^{(0)}(x) & f_{12}^{(0)}(x) & \dots & f_{1n}^{(0)}(x) \\ f_{21}^{(0)}(x) & f_{22}^{(0)}(x) & \dots & f_{2n}^{(0)}(x) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1}^{(M+1)}(x) & f_{n2}^{(M+1)}(x) & \dots & f_{nn}^{(M+1)}(x) \end{pmatrix} + \dots \\
 & \sum_{\cup_{r=1}^M S_{n,M}^r} \{P(i_1 - 1; i_2; \dots; i_n) + \dots + P(i_1; i_2; \dots; i_n - 1)\} F_n(x) = \\
 & \sum_{S_{n,M+1}} P(i_1; i_2; \dots; i_n) F_n(x),
 \end{aligned}$$

что и требовалось доказать.

Теперь пусть M_{i_1, i_2, \dots, i_k} — определитель матрицы, полученной из матрицы A последовательным исключением i_1 строки и i_1 столбца, затем i_2 строки и i_2 столбца и так далее до i_k строки и i_k столбца включительно.

Справедлива следующая формула Маклорена.

Утверждение 2.

$$\begin{aligned}
 R(\lambda) = & \det A - \lambda(M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5) + \\
 & \lambda^2(M_{1,1} + M_{1,2} + M_{1,3} + M_{1,4} + M_{1,5} + M_{2,3} + M_{2,4} + M_{2,5} + \\
 & \quad M_{3,4} + M_{3,5} + M_{4,5}) - \\
 & \lambda^3(M_{1,2,3} + M_{1,2,4} + M_{1,2,5} + M_{1,3,4} + M_{1,3,5} + M_{1,4,5} + \\
 & \quad M_{2,3,4} + M_{2,3,5} + M_{2,4,5} + M_{3,4,5}) + \\
 & \lambda^4(M_{1,2,3,4} + M_{1,2,3,5} + M_{1,2,4,5} + M_{1,3,4,5} + M_{2,3,4,5}) - \lambda^5.
 \end{aligned}$$

Доказательство. Формула Маклорена для $R(\lambda)$ — это (см. [2])

$$R(\lambda) = R(0) + \frac{\lambda}{1!} R'(0) + \frac{\lambda^2}{2!} R''(0) + \frac{\lambda^3}{3!} R'''(0) + \dots + \frac{\lambda^n}{n!} R^{(n)}(0) + \dots \tag{2}$$

Заметим, что $R(0) = \det A$. Далее, в силу утверждения 1 при

$$k = 1, 2, 3, 4,$$

$$R^{(k)}(0) = \sum_{S_{5,k}} P(i_1; i_2; i_3; i_4; i_5) F_5(0), \tag{3}$$

где

$$\begin{aligned}
 F_5(0) = & \det(f_{rs}(\lambda))_{\lambda=0}, \\
 f_{rr}(\lambda) = & (a_{rr} - \lambda)^{(i_r)}, f_{rs}(\lambda) = (a_{rs})^{(i_q)}, r \neq s, r, s, q = 1, 2, \dots, 5.
 \end{aligned}$$

Нетрудно видеть, что $(a_{rs})^{(0)}_{\lambda=0} = a_{rs}$, $(a_{rr} - \lambda)^{(1)}_{\lambda=0} = -1$, $(a_{rs})^{(q)}_{\lambda=0} = 0$ при $q \geq 2$. Следовательно, определители по всем наборам, содержащим компоненту больше или равную 2, равны 0, так как содержат целиком нулевую строку. Значит, в сумме останутся слагаемые по наборам, содержащим только единицы.

Рассмотрим сумму (3) при $k = 1$. Имеем:

$$R'(0) = \sum_{i=1}^5 \det \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & -1_{i,i} & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{pmatrix}.$$

Раскрыв i -й определитель по i -й строке и i -му столбцу, получим

$$(-1)^1 (M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5).$$

При $k = 2$ в определителях будут две строки, содержащие (-1) и четыре 0. Раскрыв каждый определитель по этим строкам и столбцам, приходим к

$$\begin{aligned}
 R''(0) = & (-1)^2 (M_{1,1} + M_{1,2} + M_{1,3} + M_{1,4} + M_{1,5} + \\
 & M_{2,3} + M_{2,4} + M_{2,5} + M_{3,4} + M_{3,5} + M_{4,5}).
 \end{aligned}$$

Аналогично получим выражения при $k = 3$ и $k = 4$.

При $k = 5$

$$R^{(5)}(0) = \det \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} = (-1)^5 = -1.$$

При $k > 5$ каждый набор $(i_1; i_2; i_3; i_4; i_5)$ содержит как минимум 2, поэтому определитель по ним равен 0. Подставив полученные выражения в (2), получим искомое утверждение.

Литература:

1. poivs.tsput.ru/ru/Math/Analysis/DifferentialEquations/FormulaLiouvilleOstrogradsky (дата обращения: 29.10.2023).
2. Кудрявцев, Л. Д. Курс математического анализа в 3-х томах. Том 1: учебник для бакалавров. — 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во Юрайт, 2023. — 703 с.

ФИЗИКА

Получение и исследование оптических свойств монокристаллов полупроводниковых соединений CuInSe_2

Гараев Эльдар Самед оглы, кандидат физико-математических наук, доцент;
Гахраманов Надир Фаррух оглы, доктор физико-математических наук, профессор;
Нуруллаев Юсиф Гушу оглы, доктор физико-математических наук, профессор
Бакинский государственный университет (Азербайджан)

Сардарова Наила Сохраб кызы, кандидат физико-математических наук, доцент
Сумгаитский государственный университет (Азербайджан)

Учитывая крайне низкую стоимость меди и селена, и высокопроизводительную вакуумную напылительную технологию, по экономической эффективности, тонкие слои из CuInSe_2 могут успешно конкурировать с известными материалами оптоэлектроники — кристаллами CuSi и AlGaAs . Сравнивая с аморфным кремнием, можно указать на уже достигнутую к настоящему времени для солнечных элементов на основе CuInSe_2 высокую стабильность электрических параметров.

Ключевые слова: монокристаллы CuInSe_2 , оптоэлектроника, оптические свойства, электрические параметры, тройные полупроводники, тетрагональная сингония.

Obtaining and investigation of optical properties of single crystals of semiconductor compounds CuInSe_2

Garayev Eldar Samed oglu, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor;
Gahramanov Nadir Farruh oglu, doctor of physical and mathematical sciences, professor;
Nurullaev Yusif Gushu oglu, doctor of physical and mathematical sciences, professor
Baku State University (Azerbaijan)

Sardarova Naila Sohrab kyzy, candidate of physical and mathematical sciences, associate professor
Sumgait State University (Azerbaijan)

Considering the extremely low cost of copper and selenium, and high-performance vacuum deposition technology, in terms of economic efficiency, thin layers of CuInSe_2 can successfully compete with known optoelectronics materials — CuSi and AlGaAs crystals. Comparing with amorphous silicon, we can point to the high stability of electrical parameters that has already been achieved for solar cells based on CuInSe_2 .

Keywords: CuInSe_2 single crystals, optoelectronics, optical properties, electrical parameters, ternary semiconductors, tetragonal syngony.

Соединения группы $A^I B^III C_2^{VI}$ кристаллизуются в структурах с тетраэдрической координацией атомов (сфалерит, халькопирит), причем тетрагональная и орторомбическая сингонии этих соединений близки к псевдокубической структуре. Ширина запрещенной зоны тройных полупроводников $A^I B^III C_2^{VI}$ изменяется от 1,0 эВ до 3,5 эВ, что несколько ниже, чем у электронных бинарных аналогов $B^II C_2^{VI}$. В отличие от соединений $B^II C_2^{VI}$,

обладающих, как правило устойчивым типом проводимости, многие тройные полупроводники могут быть получены n и p -типа проводимости. Важным прикладным аспектом является удачное сочетание совокупности оптических и электронных свойств тройных материалов p -типа проводимости, которые могут быть эффективно использованы в гетеропереходах с широкозонными соединениями CdS , ZnO , CdSe n -типа [1,2].

В работе синтезированы и выращены монокристаллы соединений $CuInSe_2$. Также получены тонкие пленки синтезированных соединений и проведено электронографические исследования их структур.

В работе [2] дан обзор теоретических и экспериментальных исследований электронного спектра соединений $A^IVB^III C_2^{VI}$.

Изучены структурные особенности образования упорядоченной тетрагональной фазы халькопиритного типа в сплаве $CuInSe_2$. После закалки от температуры выше точки Курнакова ($810^\circ C$), на микроэлектронограммах наблюдались эффекты диффузного рассеяния, геометрия которых свидетельствует о том, что в процессе перехода из разупорядоченного к упорядоченному состоянию, образуется четырехугольные тетраэдрические кластеры, состоящие из двух атомов Cu и двух атомов In . В процессе последующего отжига ниже точки Курнакова, формируется доменная структура с тремя некоаксиальными ориентациями и четырьмя вариантами превращения из неупорядоченной фазы.

При синтезе тройных химических соединений типа $A^IVB^III C_2^{VI}$ как обычно, используют метод сплавления исходных компонентов в стехиометрическом соотношении. Химическая реакция между Se и In проходит с выделением большого количества тепла. Поэтому, при малом объеме реактора, необходимо обеспечивать постепенную подачу вещества в зону прохождения реакции. С целью удовлетворения этого требования, а также с учетом легкотечности одного из компонентов нами в качестве реактора использована кварцевая ампула длиной 20 см и вдоль нее создавались разные температурные перепады. В начале синтеза разность температуры между двумя концами ампулы составляли около 1000 К. В технологическом отношении синтез и выращивание монокристаллов

нами осуществлялся последовательно в ходе одного технологического цикла. Этот вариант наиболее эффективен по сравнению с отдельно выполненными циклами, т. к. первый вариант позволяет снизить до минимума загрязнения, вносимые в соединение при переходе от одной технологической операции в другой, а в нашем варианте за весь цикл используется только одна ампула [2].

Материалы для изготовления ампул во всех случаях служил плавный кварц. Ампулы перед их использованием подвергались тщательной многократной промывке. При промывке, ампулы заполнялись раствором насыщенной соли $K_2Cr_4O_7$ в воде и концентрированной H_2SO_4 в объемных соотношениях 1:9 и выдержались в течение 24 часов.

Изучение оптических свойства является одним из надежных методов определения фундаментальных параметров и выявления особенностей электронных процессов, непосредственно связанных со спецификой зонной структуры полупроводников [3].

Исследование оптических свойств полупроводников позволяет получить богатую информацию о поведении носителей тока, о механизме и о природе различных электронных процессов в твердых телах, а также позволяет определить их фундаментальные параметры, что стимулирует создание новых полупроводниковых приборов и совершенствование уже существующих.

Для дополнения полученных результатов по электронным свойствам изученных нами материалов, исследованы спектры оптического поглощения монокристаллов $CuInSe_2$. Измерения проводились в области энергии фотонов $0.92 \div 1.00$ эВ стационарным методом.

С целью получения информации о ширине запрещенной зоны и ее температурной зависимости, а также о типе электронных переходов нами определен край оптического поглощения монокристалла $CuInSe_2$ при $100 \div 300$ К.

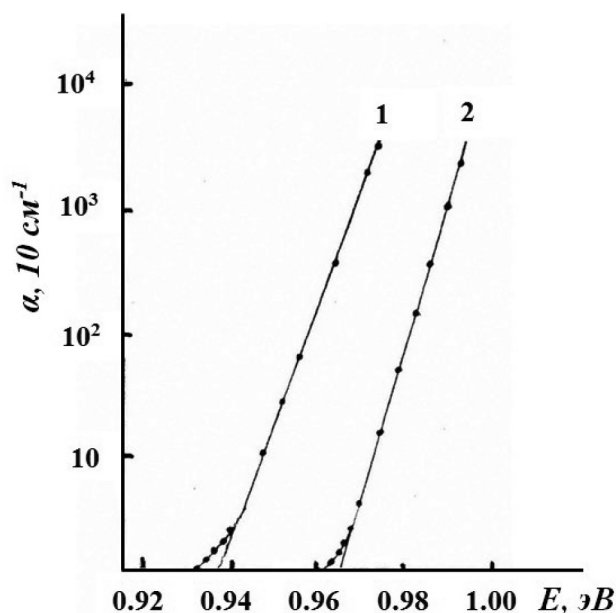


Рис. 1. Спектр коэффициента поглощения монокристаллов $CuInSe_2$. Т, К: 1–300; 2–100

На рис. 1 приведены кривые коэффициента поглощения монокристаллов CuInSe_2 в области энергии $0,92 \div 1,00$ эВ при температуре 300 K и 100 K (кривые 1 и 2, собственно). Как видно из этого рисунка, коэффициент

поглощения резко возрастает с увеличением энергии фотонов даже при $\alpha < 10\text{ см}^{-1}$. Этот факт является доказательством того, что край межзонного поглощения обусловлен прямыми разрешёнными переходами [4].

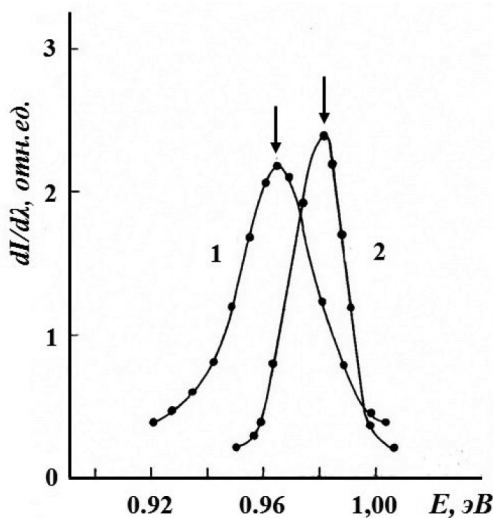


Рис. 2. Дифференциальные спектры поглощения монокристаллов CuInSe_2 , $T, \text{ K}$: 1–300; 2–100

Характерные кривые дифференциальных спектров поглощения монокристаллов CuInSe_2 , снятые методом λ -модуляции при 300 K и 100 K приведены на рис 2. Как видно из этого рисунка, на дифференциальных спектрах поглощения наблюдаются особенности при высоких энер-

гиях фотона. Определенные по этим измерениями значения ширины запрещенной зоны оказываются равными $(0,964 \pm 0,003)\text{ эВ}$ и $(0,982 \pm 0,003)\text{ эВ}$ при 300 K и 100 K , соответственно, и хорошо согласуется со значениями, найденными стационарным методом [5].

Литература:

1. Мудрый, А. В. Фотолюминесценция монокристаллов CuInSe_2 выращенных методом направленной кристаллизации // Журнал Прикладной спектроскопии, 2010, т.77, № 3, с. 400–406.
2. Керимова, Э. Кристаллофизика низкоразмерных халькогенидов. 2012, 708 с.
3. Короткий, А. В. Структурные и оптические свойства гетероструктур $\text{CdS/Cu (In,Ga) Se}_2$, облученных высокоэнергетическими электронами. / А. В. Короткий, А. В. Мудрый, М. В. Якушев, Ф. Луккерт, Р. Мартин. // Журнал прикладной спектроскопии. 2010, т.77, № 5, с. 725–731.
4. Сардарова, Н. С., Бархалов Б. Ш., Нуруллаев Ю. Г. Электрические свойства кристаллов твердых растворов. // Ж. Наука, техника и образование, 2016, № 11, (29), с. 6–10.
5. Мудрый, А. В. Структурные и оптические свойства полупроводниковых соединений CuInSe_2 . // Ж. Прикладной спектроскопии, 2010, т.77, № 3, с. 400–406.
6. Бархалов, Б. Ш., Нуруллаев Ю. Г., Исмаилов Р. М. // Ж. Наука, техника и образование, 2019, № 10 (63), с. 6–10.

Виды производства электроэнергии

Иламанов Байрамберди Байраммырадович, преподаватель;
Кизилов Кемал Реджепович, преподаватель
Туркменский государственный университет имени Махтумкули (г. Ашхабад, Туркменистан)

Электричество, которое является источником питания большинства используемых сегодня приборов, может быть получено из возобновляемых и невозобновляемых

источников. В качестве альтернативы невозобновляемым ресурсам, таким как ископаемое топливо, которые чаще используются во всем мире, можно использовать сол-

нечную и ветровую энергию, биомассу или геотермальные источники для производства электроэнергии. Наиболее часто используемая разновидность энергии, электрическая, является вторичным декоммунизированным типом энергии, получаемым из невозобновляемых источников энергии, таких как нефть, уголь, а также из возобновляемых источников, таких как солнечная энергия и энергия ветра, которые являются одними из основных источников энергии. Электроэнергия сегодня в основном вырабатывается на тепловых электростанциях, гидроэлектростанциях и атомных электростанциях. Хотя уровень использования невозобновляемых источников энергии на этих электростанциях высок, использование возобновляемых источников энергии, которые являются экологически чистыми, неуклонно растет. При производстве электроэнергии необходим механизм для преобразования химической или механической энергии, такой как двигатель, турбина или электрический генератор. В зависимости от источника энергии, могут использоваться водяные турбины, двигатели внутреннего сгорания или бензиновые двигатели, ветряные турбины или паровые турбины. Турбины преобразуют кинетическую энергию вещества, находящегося в жидком или газообразном состоянии, в механическую энергию. В паровой турбине лопасти расположены на валу. Энергия пара вращает эти лопасти, позволяя вращать вал, подключенный к генератору. В турбинах, где используется ископаемое топливо, вода нагревается и образуется пар за счет использования таких видов топлива, как уголь, нефть и природный газ. Помимо невозобновляемых ресурсов для получения энергии пара, также используются возобновляемые геотермальные ресурсы. При производстве энергии из геотермальных источников горячая вода, находящаяся в нагретом состоянии под землей, используется в паровых турбинах для получения электроэнергии. В то же время воду можно использовать для вращения турбин. Вода, скопившаяся в плотине для выработки электроэнергии на гидроэлектростанциях, стекает с возвышенности вниз по течению. Давление воды подается на лопасти турбины, и генератор приводится в действие. В некоторых системах также используются реки, которые являются прямым природным источником, а не плотиной. С другой стороны, ветряные турбины, похожие по конструкции на ветряные валы, преобразуют энергию, создаваемую скоростью ветра, в электрическую энергию.

Растущее население мира и ограниченность природных ресурсов делают возобновляемые источники энергии важными для удовлетворения потребностей в энергии и потреблении. Кроме того, тот факт, что традиционные источники энергии истощаются и вызывают загрязнение окружающей среды, также является одной из причин декоммунизации в отношении возобновляемых источников энергии. Эти источники следующие:

Гидроэлектроэнергия, которая относится к преобразованию проточной воды в электрическую энергию, является одним из наиболее часто используемых возобновля-

емых источников энергии в декоммунизации. Используя энергию движения воды, накопленной в плотинах, турбины вращаются, что позволяет получать энергию. Это экологически чистый метод, поскольку вода, используемая после процесса, возвращается в исходное состояние и во время процесса не происходит загрязнения воздуха. Благодаря этому методу можно обеспечить бесперебойную выработку электроэнергии, поскольку река и ручьи протекают непрерывно. Эксплуатационные расходы гидроэлектростанций низкие, а установленные системы можно использовать в течение длительного времени. Количество установленной в мире мощности, основанной на гидроэнергетике, с каждым годом увеличивается. Согласно данным Международной ассоциации гидроэнергетики (ИНА) за 2021 год, около 16 % электроэнергии в мире вырабатывается с использованием гидроэлектроэнергии, которая играет важную роль в производстве низкоуглеродистой электроэнергии.

Солнечная энергия, один из наиболее широко используемых возобновляемых источников энергии во всем мире, обеспечивает не только электроэнергию; он также удовлетворяет потребности в системах отопления и охлаждения. Ожидается увеличение производства электроэнергии за счет солнечной энергии, при этом технологические системы и производственные затраты снижаются из года в год, а стимулы увеличиваются. Регион с самым высоким временем принятия солнечных лучей в мире — это город Юма, расположенный на территории Соединенных Штатов, где время принятия солнечных лучей составляет 4000 часов в год. Наибольшим установленным энергетическим потенциалом обладают континенты Европа, Северная Америка и Азия соответственно. Китай, США, Германия, Италия и Япония известны как страны с высокой пропускной способностью фотоэлектрических систем.

Энергия ветра, отличающаяся широким спектром использования, имеет большое значение для удовлетворения потребностей в электроэнергии. Этот источник энергии экологически безопасен, поскольку он не истощает природные ресурсы и не вызывает выбросов углерода. Ветряные электростанции устанавливаются в соответствующих зонах в зависимости от скорости ветра для удовлетворения спроса на электроэнергию. Время окупаемости инвестиций и коэффициенты использования ветроэнергетических мощностей в регионе являются основными критериями, которые учитываются при оценке этого источника энергии. С другой стороны, в мире Дания обеспечивает в среднем половину общего объема производства электроэнергии за счет энергии ветра. Такие страны, как Германия, Португалия, Италия, Ирландия, также используют энергию ветра, в то время как Индия и Великобритания выделяются своим высоким потенциалом. С другой стороны, Соединенные Штаты и Китай, которые играют большую роль в производстве и распределении энергии ветра, используют небольшую часть получаемой электроэнергии в своих странах.

Геотермальная энергия. Скважины, пробуренные на участках с геотермальным потенциалом, содержат жидкости, то есть жидкости и газы, циркулирующие в горных породах. После того, как эти жидкости разделяются на воду и пар, они преобразуются в электрическую энергию с помощью генератора и турбины. С другой стороны, Индонезия, Соединенные Штаты, Новая Зеландия и Филиппины являются странами с самым высоким потенциалом геотермальной энергии в мире. Исследования, проведенные Международным энергетическим агентством, показывают, что к 2050 году до 3,5 % мировых потребностей в электроэнергии будет удовлетворяться за счет геотермальной энергии.

Тепловые источники, доступные в твердой, жидкой или газообразной форме, позволяют получать электричество за счет выделяемого тепла. При сжигании таких ресурсов, как уголь, нефть и природный газ на тепловых электростанциях, вода, содержащаяся в котлах, кипятится и получается водяной пар. Полученный водяной пар вращает

трубки, вырабатывая электричество. Нефть, уголь, биогаз и природный газ являются наиболее часто используемыми источниками энергии.

Природный газ — это газ органического происхождения с довольно высоким содержанием метана. Это причина выбора, так как теплотворная способность составляет от 8500 до 10000 ккал/кг. Хотя природный газ обычно используется для получения тепла, он также используется для производства электроэнергии на тепловых электростанциях.

Ядерная энергия получается за счет тепла, выделяемого атомным ядром, которое распадается контролируемым образом. Плутоний, уран и торий являются одними из наиболее часто используемых радиоактивных элементов. Электроэнергия вырабатывается за счет использования тепла, выделяемого этими источниками на атомных электростанциях, для превращения воды в котлах в пар, как и в случае с другими видами ископаемого топлива.

Литература:

1. А. И. Черноуцан. Краткий курс физики. — М.: Физматлит, 2002. — 320 с.
2. <https://www.aydemperakende.com.tr/blog/elektrik-nasil-uretilir-elektrik-uretiminin-cesitleri>

Электрические свойства пленки $Ni — Si$

Тыллануров Ысламберди Мухамметбердиевич, старший преподаватель
Туркменский государственный архитектурно-строительный институт (г. Ашхабад)

Исследование электрических явлений в тонких пленках все чаще привлекается для получения сведений о структурном состоянии металлов и сплавов. Поэтому изучение этих явлений важно, как с теоретической, так и с практической точек зрения.

Ключевые слова: Ni , Si , исследование, тонкие, пленки, электросопротивления, эффект.

Пленки $Ni — Si$ изготавливались термическим испарением в вакууме (10^{-5} мм. рт. ст.) из вольфрамовых лодочек без ориентирующего магнитного поля. В качестве подложек служили полированные стекла размером 19×20 мм, подогреваемые до температуры $200^\circ C$. Для исследования выбирались пленки примерно одинаковой толщины порядка $1600–1800 \text{ \AA}$. Толщина пленок измерялась на спектрофотометре МФ-4. Электросопротивление пленок измерялось с помощью одинарно-двойного теста Р-329. При измерении в магнитных полях направление измерительного тока совпадало с направлением магнитного поля, вдоль плоскости пленки и отжига пленок. Температурные измерения проводились в вакууме 10^{-5} мм. рт. ст. в течении 1 часа при температуре $400^\circ C$ [1,2].

Результаты эксперимента: Проведенные исследования электросопротивления тонких пленок $Ni — Si$ до отжига в зависимости от содержания Si показали, что

удельное электросопротивление не линейно возрастает с увеличением содержания Si (рис. 1).

Резкое увеличение удельного электросопротивления Si выше 16 % Si , свидетельствуют о переходе сплава $Ni — Si$ в немагнитное состояние. Увеличение содержания Si выше этого значения ведет за собой повышение сопротивления материала. Гальваномагнитный эффект в тонких пленках $Ni — Si$ до отжига выражен слабо (Рис. 2) по сравнению с тонкими пленками Ni , Fe и их сплавов при комнатной температуре. Наблюдается ослабление этого эффекта с увеличением в $Ni — Si$ содержания Si , а при содержании $Ni — 33,25\% Si$ изменения электросопротивления при изменении H нами не обнаружено [3].

Удельное сопротивление $Ni — Si$ пленок после отжига (рис. 2) уменьшилось тем сильнее, чем больше Si содержание в Ni . Это, видно, объясняется структурными изменениями, происходящими в $Ni — Si$ после отжига.

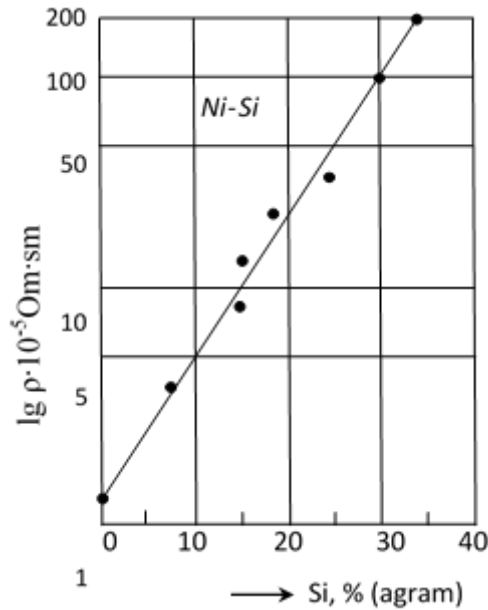


Рис. 1. Зависимость удельного электросопротивления ρ никель кремниевых пленок от концентрации компонентов. (Толщина пленки составила $\sim 500 \text{ \AA}$)

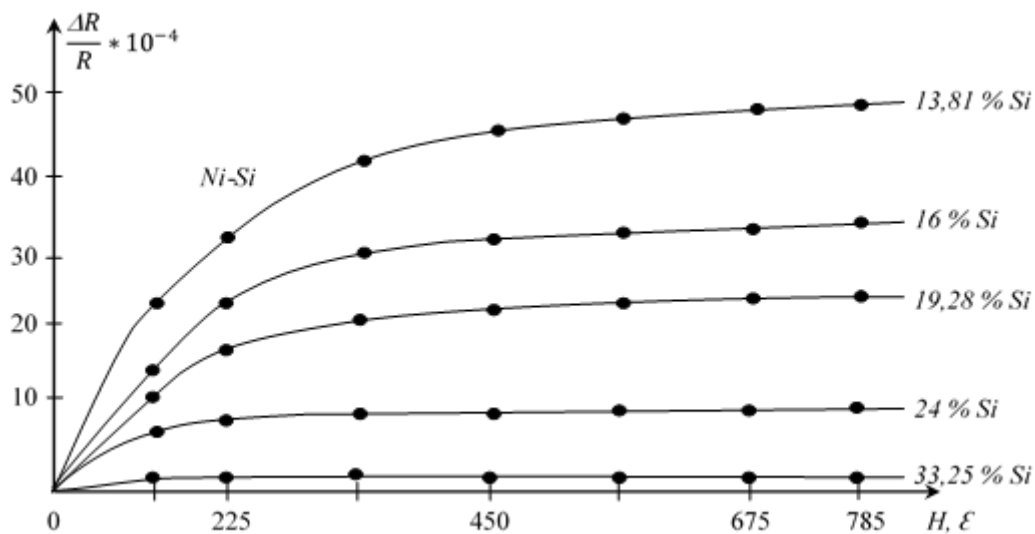


Рис. 2. Зависимость гальваномагнитного эффекта от магнитного поля при различных составах. (Толщина пленки $\sim 1500 \text{ \AA}$)

Гальваномагнитный эффект после отжига пленок $Ni - Si$ существенно не изменился. Замечено слабое увеличение этого эффекта при больших содержаниях Si (33,25 % Si). Продолжение будет в наших следующих статьях.

Проведенные температурные исследования электросопротивления тонких пленок $Ni - Si$ после отжига. На рис. 3 проведены графики изменения относительного электросопротивления для трех составов: 13,81 % Si ; 16,07 % Si ; 24 % Si . В области низких температур сопротивление растет с увеличением концентрации Si в Ni по сложному закону.

В интервале температур от $0^\circ C$ до $120^\circ C$ (рис. 3) кривые совпадают: это указывает на то, что особых структурных

преобразований здесь не происходит. Однако, выше температуры $120^\circ C$ появляются следующие закономерности:

1. Максимальное значение изменения $\frac{\Delta R}{R}$ достигает для сплавов с высоким содержанием кремния при более низких температурах: чем для меньших содержаний Si .
2. Кривая $\frac{\Delta R}{R}$ растет круче для больших концентраций в сплаве $Ni - Si$.
3. Малое значение $\frac{\Delta R}{R}$ можно объяснить тем, что прибавка кремния значительно уменьшает количество свободных электронов, участвующих в электропроводности,

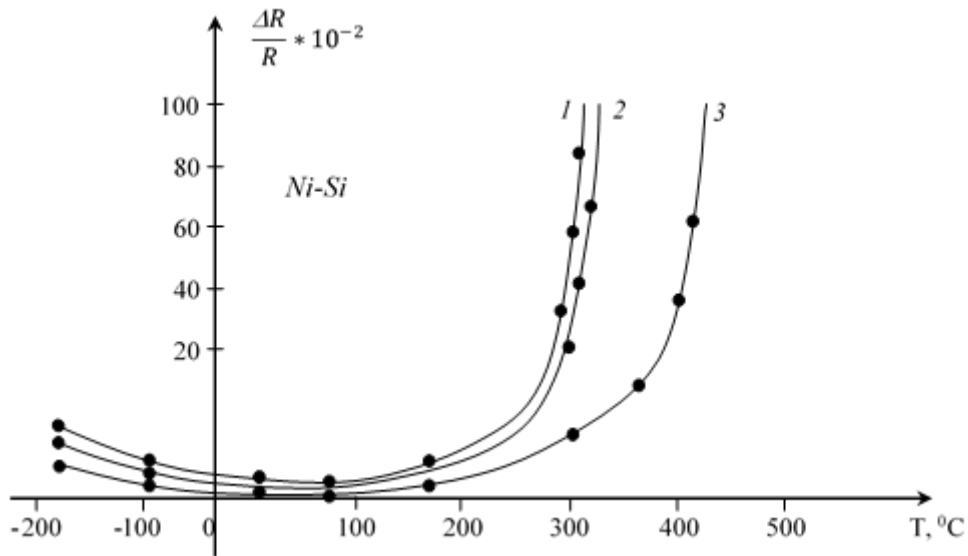


Рис. 3. Зависимость относительно электросопротивления от температуры. 1–24 % Si, 2–16 Si, 3–13,81 % Si (Толщина пленки ~ 1500 Å)

а прибавка Ni обеспечивает прирост проводимости при высоких температурах за счет увеличения подвижности свободных электронов в решетке сплава Ni — Si.

Можно предположить, что слабая зависимость R от температуры в определенном интервале для Ni — Si представляет большой интерес при создании резисторов и других приборов с хорошей характеристикой постоянства электросопротивления от высоких температурных воздействий.

Выводы

1. Известно, что данный сплав Ni — Si имеет точку Кюри ниже 0°C. Поэтому интересно провести исследования электрических свойств пленок Ni — Si при низких температурах. Для более полного изучения данных эффектов в Ni — Si пленках необходимы структурные исследования.
2. Изучение магнитных свойств данных сплавов Ni — Si возможно лишь до 14–16 % Si и при низких температурах.
3. Замеченные изменения удельного сопротивления от температуры отжига требуют дальнейшего исследования.
4. Пленочные образцы Ni — Si представляют большой интерес при создании электрических сопротивлений.

Литература:

1. Р. Бозорт. Ферромагнетизм И. А. М. 1959.
2. А. В. Вол. «Строение и свойства двойных металлических систем». Т.1.2. Физмат, 1962.
3. Р. П. Эллиот. «Структуры двойных сплавов». Издания 1 и 2 «Металлургия». М. 1970.
4. В. Ф. Бочкарев, А. П. Неделько, В. А. Буравихин, Т. Я. Морозова. «Электросопротивление пленок гадаменоя, тербия и диспрозия»; Физика магнитных пленок, выпуск II. Иркутск. 1970.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Защита веб-приложения на фреймворке Django

Бунаков Дмитрий Сергеевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Суханов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

При проектировании веб-приложения важна защита пользовательских данных. В данной статье рассмотрим основные типы атак и методы защиты на фреймворке Django.

Ключевые слова: Django, CSRF, HTML, TLS, XSS.

Django — это популярная платформа для веб-разработки на языке Python, которая позволяет быстро создавать масштабируемые веб-приложения, такие как блоги, форумы, интернет-магазины и другое. Что привлекает внимание злоумышленников, стремящихся получить несанкционированный доступ к пользовательским данным или изменить их. Есть другой, не менее популярный фреймворк на Python — Flask. Flask является микрофреймворком, который предлагает меньше встроенных функций безопасности, чем Django. Что делает его более гибким и позволяет разработчикам самим выбирать и настраивать инструменты безопасности. С другой стороны, Django — это этакий комбайн, который предлагает более широкий набор инструментов для обеспечения безопасности.

Архитектура

Первоочередная задача для обеспечения безопасности любого веб-приложения состоит в выборе правильной архитектуры. Обычно, при разработке приложения, команда инженеров-программистов и менеджеров по продуктам работает вместе для определения эффективной технической модели, соответствующей конкретным бизнес-целям. В области разработки программного обеспечения, роль архитектора заключается в проектировании модулей на высоком уровне и выборе оптимальных способов их взаимодействия. Кроме того, важно учесть лучшие практики хранения данных, будущие сторонние зависимости, а также преобладающую парадигму программирования и другие факторы.

Выбор архитектуры программного обеспечения сравнивается с проектированием здания — это тонкий процесс, связанный с риском, поскольку переделка готового приложения обходится очень дорого. То же самое относится и к архитектуре системы безопасности. Часто уязвимости можно легко предотвратить на этапе плани-

рования и оценки, так как нехватка этих этапов может привести к необходимости переделки кода приложения, что затратно. По возможности не изобретайте «велосипеды», будьте более консервативны при выборе продуктов. Не у всех хватает ресурсов, все тщательно протестировать

Контроль доступа.

Согласно рейтингу OWASP Top Ten <https://owasp.org/www-project-top-ten/> [1] в 2021 году на первое место вырвалось атака A01:2021-Broken Access Control. Процесс авторизации дает пользователям специфические права на выполнение определенных действий, а также подтверждает эти права при попытке выполнения этих действий. После успешной аутентификации происходит авторизация, которая определяет, к каким функциям и данным пользователь имеет доступ, обеспечивая должное разделение прав доступа.

Именно поэтому веб-приложения нуждаются в механизмах контроля доступа, которые предоставляют пользователям различные привилегии в использовании приложения. Контроль доступа ограничивает возможность тех или иных лиц или объектов выполнить определенные функции и получить доступ к запрашиваемым ресурсам. Нарушение контроля доступа — это частая и критическая уязвимость системы безопасности.

В Django есть встроенный инструмент для управления доступом — Django Admin, который позволяет создавать и редактировать пользователей, а также настраивать права доступа для них.

Аутентификация создается автоматически при создании веб-приложения с помощью команды

```
django-admin startproject
```

в файле `settings.py` вашего приложения уже прописаны настройки:

```
INSTALLED_APPS = [
```

```

...
'django.contrib.auth', # Фреймворк аутентификации и моделей по умолчанию.
'django.contrib.contenttypes', # Django контент-типовая система (даёт разрешения, связанные с моделями).
....
MIDDLEWARE = [
... 'django.contrib.sessions.middleware.SessionMiddleware', # Управление сессиями между запросами
... 'django.contrib.auth.middleware.AuthenticationMiddleware', # Связывает пользователей, использующих сессии, запросами.
....

```

Также контроль доступа реализуется с помощью таких пакетов как Django-axes <https://pypi.org/project/django-axes/> и Django-guardian <https://pypi.org/project/django-guardian/>

Межсайтовый скриптинг (XSS)

XSS — это термин, описывающий класс атак, позволяющих злоумышленнику внедрить скрипты через веб-сайт, которые будут выполнены на устройстве пользователя, посетившего страницу. Часто злоумышленники достигают этого путем сохранения вредоносного кода в базе данных, откуда код будет извлечен и выполнен для пользователя, запрашивающего определенные данные (например, сохранение тега `<script>` с вредоносным кодом в комментарии, которые могут увидеть другие пользователи). Еще одним вектором атаки является создание специального URL-адреса, по которому пользователь кликает, запуская выполнение замаскированного кода JavaScript в своем браузере.

Однако система шаблонов Django обеспечивает защиту от большинства XSS-атак путем экранирования опасных символов в HTML. Это означает, что Django автоматически преобразует определенные символы в их безопасные HTML-эквиваленты, предотвращая выполнение вредоносного кода при отображении данных на веб-странице.

SSL, TLS

HTTPS является протоколом, который может быть использован на веб-сервере для шифрования всего трафика между сервером и пользователем. Он обеспечивает безопасность передачи данных, включая данные входа пользователя, которые иначе могут быть отправлены как обычный текст и подвергаться риску перехвата.

Когда пользователь отправляет запрос на веб-сервер, HTTPS использует шифрование, что делает данные недоступными для чтения или модификации третьими лицами. Это особенно важно при передаче конфиденциальных данных, таких как пароли, личная информация или банковские данные, которые могут стать целью злоумышленников.

«Django поставляется со специальными настроечными параметрами, предназначенными для поддержки SSL/TLS. Вы собираетесь отредактировать производственные настройки, чтобы раздавать свой сайт по протоколу HTTPS. Отредактируйте файл настроек, добавив в него следующие ниже настроечные параметры:

```

# Безопасность
CSRF_COOKIE_SECURE = True
SESSION_COOKIE_SECURE = True
SECURE_SSL_REDIRECT = True

```

Ниже приводится описание этих параметров:

CSRF_COOKIE_SECURE: использовать безопасный cookie-файл с целью защиты от подделки межсайтовых запросов (CSRF). При наличии значения True браузеры будут передавать cookie-файлы только по протоколу HTTPS;

SESSION_COOKIE_SECURE: использовать безопасный сеансовый cookie-файл. При наличии значения True браузеры будут передавать cookie-файлы только по протоколу HTTPS;

SECURE_SSL_REDIRECT: должны ли HTTP-запросы перенаправляться на HTTPS.

Теперь Django будет перенаправлять HTTP-запросы на HTTPS; сеансовые cookie-файлы и cookie-файлы CSRF будут отправляться только через HTTPS». [2]

Межсайтовая подделка запроса (CSRF)

Такие виды атак, которые позволяют злоумышленнику выполнять различные действия от имени другого пользователя без его явного согласия.

«Алиса получила текстовое сообщение от Мэллори, злонамеренного банковского служащего, содержащее ссылку на один из грабительских веб-сайтов Мэллори, win-iphone.mallory.com. Алиса попала на приманку и перешла по ссылке на сайт Мэллори, который отобразил в ее браузере следующую HTML-страницу. Алиса не знала, что эта страница содержит форму с двумя скрытыми полями ввода. Мэллори предварительно заполнила эти поля своим именем пользователя и именем привилегированной группы. Для дальнейшего развития атаки от Алисы не требуется больше никаких действий. Обработчик событий для тега `body` (выделен жирным в следующем примере) автоматически отправляет форму сразу после загрузки страницы. Алиса, к этому моменту выполнившая вход на admin.alice.com, непреднамеренно добавляет Мэллори в группу администраторов. Как администратор Мэллори теперь может злоупотребить своими новыми привилегиями.

```

<body      onload=«document.forms      [0].
submit()»>
<form method=«POST»
  action=«https://admin.alice.com/group-membership/»><input type=«hidden»
name=«username» value=«mallory»/><input type=«hidden» name=«group»
value=«administrator»/>

```

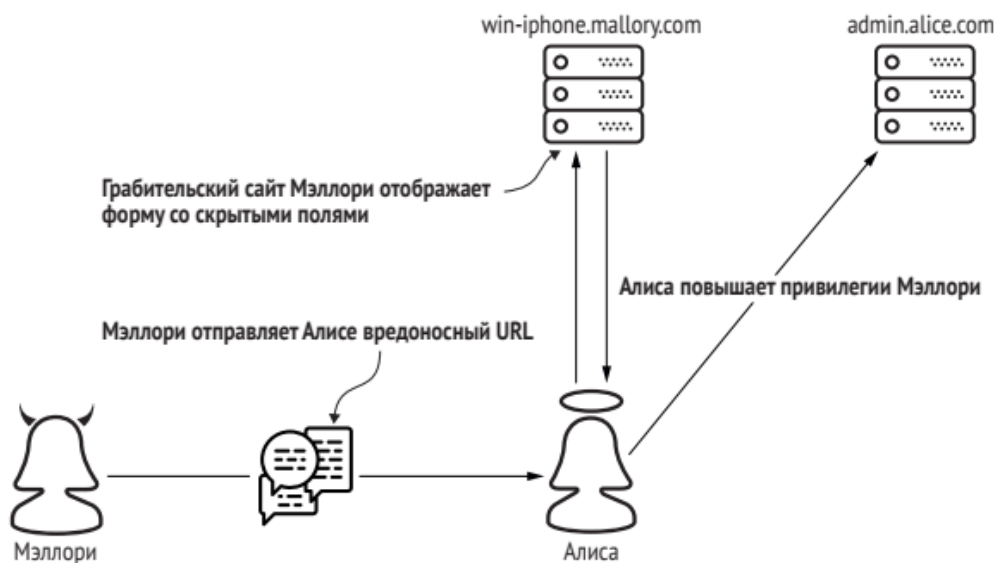


Рис. 1. Мэллори проводит атаку CSRF для повышения своих привилегий

В реальном мире жертву можно обманом заставить выполнить любое действие, которое позволяет уязвимый сайт, в том числе перевод денег, покупку чего-либо или изменение настроек собственной учетной записи». [3]

Механизм защиты заключается в том, что вы добавляете тег шаблона { % csrf_token %} в вашу форму. Этот токен будет отображён в вашем HTML как показано ниже, со значением, уникальным для каждого запрашивающего форму пользователя.

```
<input type=«hidden»name=«csrfmiddlewaretoken»
value=«0QRWnYVg776y2l66mcvZqp8alrv4lb8
S8lZ4ZJUWgzFA5VhrVfL2mpH29YZ39PW» />
```

Django генерирует уникальный для пользователя/браузера токен и отклоняет все формы, которые не содержат его или содержат его неверное значение.

Для продолжения использования данного вида атак, хакер теперь должен найти и добавить верный CSRF токен для каждого выбранного целью пользователя.

Защита Django от CSRF атак по умолчанию включена. Вам всегда следует использовать `template{% csrf_token %}` в ваших формах и использовать POST для запросов, которые могут изменить или добавить данные в вашу базу данных. [4]

Конечно же, в данной статье указаны не все возможные вектора атак. Всегда в противостояние меча и щита, то одно вырывается вперед, то другое. Не зря же программные продукты постоянно обновляются. Основная идея: не доверяйте переданным данным от пользователей. Вся информация, получаемая через GET-параметры в URL, тело POST-запроса, HTTP-заголовки, cookies и загруженные пользователем данные, должна быть провалидирована. Ну и почаще обращайтесь к документации

Литература:

1. OWASP Top Ten | OWASP Foundation. — Текст электронный // owasp.org: [сайт]. — URL: <https://owasp.org/www-project-top-ten/> (дата обращения: 29.10.2023).
2. Меле, А. Django 4 в примерах [Текст]/ А. Меле пер. с англ. А. В. Логунова. — М.: ДМК Пресс, 2023. — 800 с.
3. Бирн, Д. Безопасность веб-приложений на Python [Текст]: пер. с англ./ Д. Бирн. — М.: ДМК Пресс, 2023. — 334 с.
4. Безопасность веб-приложения Django — Изучение веб-разработки | MDN. — Текст электронный // developer.mozilla.org: [сайт]. URL: https://developer.mozilla.org/ru/docs/Learn/Server-side/Django/web_application_security/ (дата обращения: 29.10.2023).

Улучшение производительности разрабатываемого приложения

Грачев Антон Эдуардович, студент магистратуры

Научный руководитель: Тимошенко Сергей Иванович, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

При разработке программного продукта особенно важно обеспечить достаточный уровень производительности. В данной статье рассматриваются критерии и методы улучшения производительности.

Ключевые слова: производительность, разработка, оптимизация, алгоритм.

Производительность

Производительность приложения является ключевым фактором его успеха. Пользователь ожидает от продукта отзывчивости и быстродействия. Несоответствие качества с ожидаемым приведет к оттоку пользователей. В то же время хорошая производительность позволит сэкономить ресурсы. Программный продукт будет потреблять меньше электроэнергии, будет требовать меньше вычислительных мощностей, а также будет проще масштабироваться, что позволит увеличить число пользователей и объем обрабатываемых данных. При работе с большими объемами данных, увеличении объема кода, вопрос быстродействия системы встает особенно остро.

Выбор языка

О производительности стоит начать задумываться уже на этапе выбора языка, поскольку выбор языка программирования может существенно влиять на скорость выполнения операций и общую производительность приложения. Так, например, одни из популярнейших языков программирования — Java и C++ известны, в том числе, своей высокой производительностью. Согласно результатам тестирования скорости работы языков программирования [1], Java показала гораздо лучшие результаты в решении задачи обучения нейронной сети. Тем не менее, не стоит забывать о сценарии использования приложения. Нейронная сеть — это лишь одна из множества задач, инструмент для выполнения которой должен быть подобран с умом. Так, например, Java повсеместно используется при разработке мобильных приложений, а C++ регулярно применяется в игровой индустрии и при разработке операционных систем.

Выбор алгоритма

Чтобы добиться хорошей производительности, разработчик должен хорошо понимать код, анализировать его, дополнять и улучшать. Мало просто написать рабочий алгоритм: Одна и та же функция может быть написана несколькими способами. При этом, порой, приходится делать выбор между быстродействием и занимаемой памятью. В этом случае разработчик руководствуется временной и пространственной сложностью алгоритма. Временная сложность определяет время выполнения алгоритма и измеряется в количестве элементарных операций алгоритма при работе с данными, а пространственная сложность определяет объем занимаемой памяти. Также, у функций есть скорость роста.

«Мы описываем поведение алгоритма путем представления скорости роста времени выполнения в зависимости от размера входного экземпляра задачи. Такая характеристика производительности алгоритма является распространенной абстракцией, которая игнорирует многочисленные детали. Чтобы правильно использовать эту меру, требуется осведомленность о деталях, скрытых абстракцией. Каждая программа выполняется на определенной вычислительной платформе; под этим общим термином подразумевается масса конкретных деталей.

— Компьютер, на котором выполняется программа, его процессор (CPU), кеш данных, процессор для вычислений с плавающей точкой (FPU) и другие аппаратные возможности.

— Язык программирования, на котором написана программа, наряду с тем, является ли он компилируемым или интерпретируемым, и настройки оптимизации для генерации кода.

— Операционная система.

— Прочие процессы, выполняющиеся в фоновом режиме». [2]

К примеру, скорость роста времени алгоритма быстрой сортировки (quicksort) ниже, чем у сортировки вставками. Однако, сортировка вставками показывает себя лучше в случаях с маленькими размерами массивов.

Кроме роста функций, также сравниваются наилучший, средний и наихудший случаи использования алгоритма. Анализ данных параметров поможет выбрать наиболее подходящий алгоритм для решения задачи.

Оптимизация кода

Оптимизируя программу, стоит обратить внимание на следующее:

Циклы — наиболее ресурсоемкий участок кода. Минимизация числа итераций и вынесение лишних операций за рамки цикла позволят значительно сократить время выполнения.

Обращения к памяти: Минимизация числа обращений к памяти также позволит сократить время выполнения

Использование потоков: При возможности разделить код на независимые части, стоит использовать параллельное выполнение. Таким образом, программа не ждет выполнения одной из задач, а сразу переходит к следующей.

Также стоит обратить особое внимание на читаемость кода. Хорошо читаемый код не увеличивает производи-

тельность самой программы, зато увеличивает скорость работы разработчика, и влияет на качество исполняемой работы в целом.

Комфорт пользователя

Кроме всего прочего, пользователю должно быть комфортно при использовании приложения. Чтобы этого добиться, нужно обратить внимание на скорость загрузки приложения, частоту кадров.

«Секрет быстрой загрузки требует двух вещей: UPP (ощущаемая пользователем скорость) — это единственное, что имеет значение; эта скорость зависит от критического пути рендеринга (Critical Rendering Path). Критический путь — это единственный и необходимый код, который должен запускать перечисленные выше события». [3]

Таким образом, загружая только самое необходимое, программа будет иметь меньшее время отклика, а пользователю она будет казаться отзывчивее. Следующий шаг — частота кадров. Частота кадров — это частота, с которой система отрисовывает картинку приложения. В основном, все строится на восприятии человеческого глаза. Частоту желательно поддерживать высокую, для обеспечения плавности картинки. Тем не менее, глаз не воспринимает частоту выше 60Hz.

Поддержка

На протяжении жизненного цикла разработки также проводится совершенствование производительности. Появляются новые инструменты, технологии, обновления, все это может быть применено, положительно повлияв на эффективность программного продукта. Однако важнейшей частью процесса поддержки является исправление ошибок.

Несовершенство алгоритмов может приводить к неожиданным результатам. В книге Java: устранение проблем, приведен следующий пример:

Литература:

1. Сравнение скорости работы языков программирования на примере решения задачи обучения нейронной сети // habr.com: [сайт]. URL: <https://habr.com/ru/articles/497836/> (дата обращения: 02.11.2023).
2. Д. Хайнеман Алгоритмы Справочник с примерами на C, C++, Java и Python / д. Хайнеман Г. Поллис, С Селков //: Пер. с англ. — Санкт-Петербург: ООО «Альфа-книга», 2017. — 432 с.
3. Основы производительности | MDN. — Текст электронный // developer.mozilla.org: [сайт]. URL: <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/Performance/Fundamentals> (дата обращения: 02.11.2023).
4. Спилкэ Лауренциу Java: устранение проблем. Чтение, отладка и оптимизация JVM-приложений / пер. с англ. А. В. Снастина. — М.: ДМК Пресс, 2023. — 356 с.:

«...однажды я отлаживал мобильное приложение, которое слишком быстро потребляло заряд батареи устройства. Это было приложение Android, использующее библиотеку, устанавливающую соединение с внешним устройством через Bluetooth. По какой-то причине эта библиотека создавала огромное количество потоков, но не закрывала их. Такие потоки, остающиеся открытыми и выполняющиеся без конкретной цели, называются потоками-зомби (zombie threads) и обычно становятся причиной проблем с производительностью и с использованием памяти. Кроме того, их, как правило, очень трудно анализировать». [4]

При большом размере кода становится достаточно тяжело искать ошибки. Для выполнения этой задачи используется отладчик — инструмент анализа, позволяющий пошагово выполнить операцию, показывая значения, содержащиеся в переменных. Встроенный отладчик есть во всех интегрированных средах разработки.

Задачи повышения производительности будут возникать на всех этапах жизненного цикла разработки приложения. В том числе и в процессе сопровождения. В процессе эксплуатации активно собирается информация о работе программного продукта и на ее основе вносятся правки.

Описанные в данной статье методы повышения производительности не являются исчерпывающими. Задача повышения производительности является комплексной и сложной. Всегда есть возможность улучшить работу программы в каком-то ее аспекте. Но не всегда есть такая необходимость, а порой незначительное улучшение может даваться ценой падения производительности в целом. В конечном итоге, важнее всего в вопросе оптимизации производительности — это понимание поставленных задач и требуемого результата.

Разработка подсистемы распределенных вычислений для экосистемы научных исследований

Золин Алексей Андреевич, студент магистратуры
Московский технический университет связи и информатики

В данной статье предметом исследования является проектирование микросервисной архитектуры в подсистеме распределенных вычислений. Эта архитектура представляет собой ключевой компонент, обеспечивающий эффективное выполнение вычислительных задач в распределенных системах.

Распределенные системы, в данном контексте, играют важную роль, позволяя объединить вычислительные ресурсы из различных источников. Эти системы обеспечивают балансировку нагрузки и отказоустойчивость, что необходимо для обработки больших объемов данных и выполнения сложных вычислений.

В микросервисной архитектуре важно соблюдать ACID-свойства (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability). Эти свойства гарантируют, что взаимодействие между микросервисами и операции с данными выполняются надежно и согласованно. Это является ключевым аспектом, где целостность данных и точность результатов играют важную роль. Таким образом, сочетание Микросервисной архитектуры, распределенных систем и соблюдение ACID-свойств в подсистеме распределенных вычислений становится фундаментом для успешной и надежной работы системы.

Ключевые слова: распределенные вычисления, ACID, повествование, база данных, модель повествований для подсистемы распределенных вычислений.

Введение. Распределенные вычисления — это способ решения трудозатрат вычислительных задач с использованием нескольких серверов или компьютеров, объединённых в параллельную вычислительную систему.

Задача разработки распределенных систем является одной из наиболее сложных задач, которые стоят перед информатикой и программной инженерией.

Сложность обусловлена не только такими очевидными свойствами, как большие размеры вычислительных машин, возможное географическое удаление серверов друг от друга, ненадежные каналы связи между компьютерами, параллельные процессы, асинхронное взаимодействие, сложные схемы синхронизации, поддержка глобального времени. Сложность обуславливается тем, что на сегодняшний день нет ясной и общепринятой систематизации характеристик функциональности распределенных систем.

Проблемы согласованности данных в распределенных системах могут возникнуть из-за нескольких факторов. Вот некоторые из них:

— Гонки данных (Race Conditions): Если несколько серверов пытаются изменить одни и те же данные одновременно, может возникнуть гонка данных, что приведет к непредсказуемым результатам.

— Потеря данных (Data Loss): Иногда данные могут быть потеряны при передаче между узлами из-за сетевых сбоев или других проблем.

— Дублирование данных (Data Duplication): В некоторых случаях данные могут быть дублированы, что приводит к избыточным или неправильным записям.

— Неопределенность при сбоях (Uncertainty During Failures): При сбоях на серверах может быть непонятно, были ли какие-то операции успешно завершены или нет.

— Отсутствие гарантированного упорядочивания (Lack of Total Ordering): В распределенных системах может быть сложно обеспечить определенный порядок, в котором происходят операции.

— Проблемы с распределенными транзакциями (Distributed Transaction Issues): Необходимо гарантировать целостность, согласованность, изолированность и устойчивость в распределенных транзакциях. Конфликты при репликации данных (Data Replication Conflicts): Если данные реплицируются на несколько серверов, могут возникнуть конфликты при попытке обновления.

— Проблемы синхронизации данных (Data Synchronization Issues): Сервера должны синхронизироваться одновременно иначе они не смогут корректно обновить данные

Решение этих проблем включает в себя использование подходящих алгоритмов синхронизации данных, применение моделей согласованности, таких как ACID или BASE, и правильное проектирование архитектуры распределенной системы.

Модели и методы для обеспечения принципов ACID в распределенных высоконагруженных системах. Распределенные транзакции представляют собой сложные операции, включающие изменения данных, выполняемые в нескольких распределенных компьютерных системах или базах данных. Эти операции становятся важными в контексте распределенных вычислений и управления данными, когда информация и ресурсы разбросаны по разным узлам и серверам. Рассмотрим основные аспекты распределенных транзакций:

Атомарность (Atomicity): Это ключевое свойство, обеспечивающее, что все действия в рамках распределенной транзакции выполняются как единое целое. Если хоть одна часть операции не может быть завершена успешно,

все изменения, связанные с транзакцией, отменяются, возвращая данные к их исходному состоянию. Это гарантирует целостность данных.

Консистентность (Consistency): Это свойство гарантирует, что после успешного завершения распределенной транзакции данные находятся в состоянии, соответствующем бизнес-правилам и целостности информации. Если какие-либо изменения нарушают эту целостность, транзакция откатывается.

Изоляция (Isolation): Этот аспект предотвращает конфликты между параллельно выполняемыми распределенными транзакциями. Он определяет, как каждая транзакция видит изменения, производимые другими транзакциями, чтобы избежать некорректных результатов.

Долговечность (Durability): Это свойство обеспечивает, что успешно завершённые распределенные транзакции сохраняют свои изменения даже в случае сбоя системы. Данные остаются надежными и доступными после восстановления системы.

Координация (Coordination): Реализация распределенных транзакций требует механизмов координации для обеспечения выполнения всех вышеуказанных свойств. Это может включать использование методов, таких как двухфазное фиксирование (2PC), распределенные блокировки и другие техники согласования.

Распределенные транзакции представляют сложную инженерную задачу, так как они должны учитывать сетевые задержки, сбои в работе узлов и обеспечивать надежность операций. Они находят широкое применение в областях, таких как финансовые услуги, электронная коммерция и облачные вычисления, где данные и ресурсы могут быть разделены по различным серверам и местоположениям [1, ст. 63].

Рассмотрим управление распределенными транзакциями поддерживающие ACID включает различные протоколы и стандарты, включая XA и другие. Вот несколько из них:

— XA (eXtended Architecture): XA — это стандарт, разработанный для управления распределенными транзакциями в среде, где используются реляционные базы данных. Он предоставляет интерфейс для координации транзакций между несколькими базами данных, обеспечивая их атомарность и согласованность. XA используется в Java в рамках Java Transaction API (JTA).

— WS-AtomicTransaction: Этот стандарт определен в рамках веб-сервисов (Web Services) и предоставляет механизм для управления транзакциями в распределенных веб-сервисах. Он обеспечивает атомарность и согласованность операций между различными участниками веб-сервиса.

— JTA (Java Transaction API): — это API для управления транзакциями в Java-приложениях. Он предоставляет программистам средства для управления распределенными транзакциями с использованием XA и других протоколов.

— Saga — это паттерн проектирования для управления долгоживущими транзакциями в распределенных системах. Вместо атомарной транзакции, saga разделяет долгую транзакцию на несколько маленьких, которые могут быть компенсированы, если что-то идет не так.

Стандарты и спецификации предоставляют средства для реализации ACID-транзакций в различных системах и языках программирования, обеспечивая тем самым надежность и целостность данных в распределенных средах. Транзакции позволяют разным системам участвовать в распределенных транзакциях, гарантируя их согласованность через XA-интерфейс. Но некоторые системы обмена сообщениями, такие как Apache ActiveMQ или IBM MQ, также поддерживают XA-транзакции. Это позволяет включать отправку и получение сообщений в распределенные транзакции, что полезно для интеграции разных компонентов системы.

Некоторые веб-серверы и серверы приложений предоставляют средства для управления распределенными транзакциями с использованием XA-спецификаций. Например, Java EE использует JTA для выполнения распределенных транзакций. Это позволяет веб-приложениям взаимодействовать с несколькими сервисами одновременно и обеспечивать согласованность между ними.

Несмотря на преимущества, распределенные транзакции имеют свои проблемы. Некоторые современные технологии, такие как NoSQL базы данных (MongoDB, Cassandra) и некоторые брокеры сообщений (RabbitMQ, Apache Kafka), не поддерживают их. Также, такие транзакции могут ухудшать доступность системы, и это связано с CAP-теоремой, которая указывает на ограничения в согласованности, доступности и устойчивости к разделению данных в распределенных системах.

Для более эффективной работы с микросервисной архитектурой и обеспечения согласованности данных, рекомендуется использовать более гибкие и асинхронные механизмы, такие как слабо связанные асинхронные сервисы и повествования (event-driven architecture). Эти подходы могут помочь преодолеть ограничения, связанные с распределенными транзакциями, и обеспечить более высокую доступность и устойчивость системы.

Шаблон «Повествование» — это архитектурный подход, который обеспечивает согласованность данных в распределенных системах. Он основан на идее использования асинхронных сообщений для обновления данных в различных сервисах [2].

Когда какое-то действие должно изменить данные, вместо непосредственного обновления данные публикуются как сообщение в систему сообщений или очередь. Затем другие сервисы, подписанные на эти сообщения, получают уведомление и выполняют необходимые изменения в своих данных.

Этот подход помогает избежать непосредственной зависимости между сервисами и делает систему более гибкой и масштабируемой, сохраняя при этом согласованность данных [3].

Проектирование подсистемы распределенных вычислений для экосистемы научных исследований. Модель повествований для подсистемы распределенных вычислений для обработки событий (рис. 1), предназначен для написания как оркестрантов, так и участников повествований.

Модель повествований для подсистемы распределенных вычислений необходима для разработки микросервисных приложений, предоставляющая инструменты для управления и обработки саг (saga) в распределенных системах. Он использует возможности транзакционного обмена сообщениями, встроенные в Eventuate Tram [4].

Модель повествований для подсистемы распределенных вычислений обеспечивает следующие возможности:

— **Определение саги:** Можно определить сагу, описывая последовательность шагов (компенсирующих и подтверждающих операций), которые должны быть выполнены в случае сбоя.

— **Обработка саги:** Предоставляет инструменты для выполнения саги, обработки шагов, и обеспечивает атомарность операций в рамках саги.

— **Управление сагой:** Позволяет отслеживать состояние саги и управлять ею, включая возможность приостановки, отката и перезапуска саги в случае сбоев.

— **Интеграция с Eventuate Tram:** Модель повествований для подсистемы распределенных вычислений интегрируется с другими компонентами Eventuate Tram, такими как Eventuate Tram Command, для обеспечения согласованности данных и команд в распределенной системе.

Модель повествований для подсистемы распределенных вычислений облегчает разработку и управление распределенными микросервисами, гарантируя целостность данных и обеспечивая отказоустойчивость при возникновении сбоев в системе.

Самая сложная часть данного паттерна — пакет saga orchestration. Он предоставляет SimpleSaga — базовый интерфейс для повествований и SagaManager — класс [5]

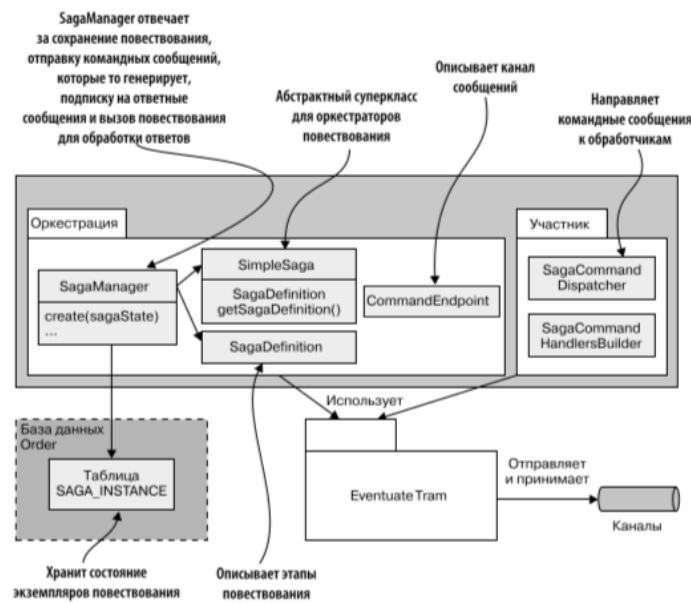


Рис. 1. Описания оркестраторов и участников повествований

Для создания экземпляров повествования и управления ими. SagaManager отвечает также за сохранение повествования, отправку командных сообщений, которые оно генерирует, подписку на ответные сообщения и вызов повествования для обработки ответов. На рис. 2 показана последовательность событий, когда OrderService создает повествование. Она состоит из следующих шагов.

1. Сервис OrderService создает CreateOrderSagaState.
2. Он создает экземпляр повествования путем вызова SagaManager.
3. SagaManager выполняет первый этап из определения повествования.
4. Вызывается CreateOrderSagaState для генерации командного сообщения.

5. SagaManager шлет командное сообщение участнику повествования (сервису Consumer) [6].

6. SagaManager сохраняет экземпляр повествования в базе данных.

На рис. 3 показана последовательность событий, когда SagaManager получает ответ от сервиса Consumer.

Последовательность событий выглядит так.

1. Eventuate Tram вызывает SagaManager с ответом, полученным от сервиса Consumer.
2. SagaManager извлекает экземпляр повествования из базы данных.
3. SagaManager выполняет следующий этап из определения повествования.

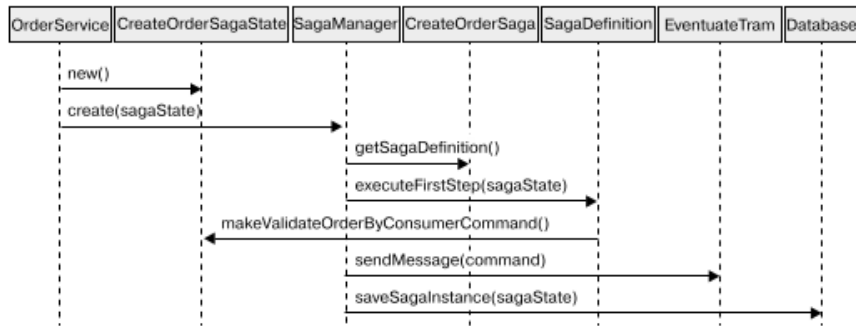


Рис. 2. Последовательность событий, когда OrderService создает повествование Create Order

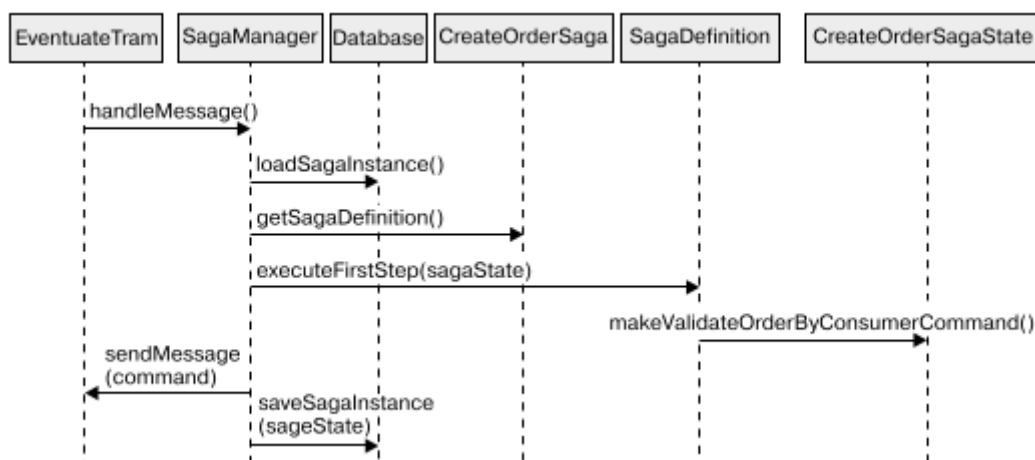


Рис. 3. Последовательность событий, когда SagaManager получает ответ от участника повествования

4. Вызывается CreateOrderSagaState, чтобы сгенерировать командное сообщение.

5. SagaManager шлет командное сообщение заданному участнику повествования (сервису Kitchen).

6. SagaManager сохраняет обновленный экземпляр повествования в базе данных.

Если участнику повествования не удастся выполнить команду, SagaManager вызовет компенсирующие транзакции в обратном порядке.

Еще одной частью паттерна Event является пакет saga participant. Он предоставляет классы SagaCommandHandlersBuilder и SagaCommandDispatcher для написания участников повествования. Эти классы направляют командные сообщения к методам-обработчикам, которые вызывают бизнес-логику участника и генерируют ответы [7].

Проектирование базы данных для подсистемы распределенных вычислений. Обычно команда службы должна создавать/обновлять/удалять агрегаты в базе данных и отправлять сообщения/события в брокер сообщений. Например, служба, участвующая в saga, должна обновлять бизнес-сущности и отправлять сообщения/со-

бытия. Аналогично, служба, публикующая событие домена, должна обновить агрегат и опубликовать событие.

Команда должна атомарно обновлять базу данных и отправлять сообщения, чтобы избежать несогласованности данных и ошибок. Однако часто невозможно использовать традиционную распределенную транзакцию (2PC), которая охватывает базу данных и брокер сообщений. База данных и/или брокер сообщений могут не поддерживать 2PC. И даже если они поддерживают, часто нецелесообразно связывать службу с обеими: и базой данных, и брокером сообщений.

Но без использования 2PC отправка сообщения в середине транзакции не надежна. Нет гарантии, что транзакция завершится успешно. Точно так же, если служба отправляет сообщение после завершения транзакции, нет гарантии, что она не выйдет из строя до отправки сообщения.

Кроме того, сообщения должны отправляться в брокер сообщений в том порядке, в котором их отправляет служба. Они обычно должны доставляться каждому потребителю в том же порядке, хотя это выходит за рамки данного шаблона.

Заключение. В результате проектирования системы получаем Модель повествований для подсистемы распределенных вычислений. Эта модель необходима для управления распределенными транзакциями и событиями в микросервисных системах. Модель позволяет создавать устойчивые и координированные транзакции между разными сервисами, которые не связаны друг с другом, вы-

полняют функции связующего звена между системами. Также использование модели повествований для подсистемы распределенных вычислений обеспечивает надежность, целостность и координацию распределенных транзакций в микросервисных приложениях, что является важным аспектом в современной разработке программного обеспечения [8].

Литература:

1. Карнелл Джон, Санчес Иллари Уайлупо, Д. «Микросервисы в действии». Изд-во: ДМК Пресс, 2022, 490 с. с. 63–80.
2. Ньюмен Сэм. Создание микросервисов. 2-е Изд-во: Питер, 2023. — 624 с. с. 144–200.
3. «Микросервисы в действии (Microservices Patterns: With examples in Java)». Крис Ричардсон. Изд-во: Питер, 2020. 544 с. с. 146–184
4. Блейкли, К. Искусство микросервисов. Москва: Диалектика, 2019.
5. Ньюман, З. Построение микросервисной архитектуры. Москва: Диалектика, 2018.
6. Фаулер, М. Микросервисы. Руководство по архитектуре приложений. Москва: Диалектика, 2017.
7. Джонс, К., Вайкли Ф. Микросервисы: миф или реальность? Москва: Диалектика, 2020.
8. Реймерс, К. Практика микросервисной архитектуры. Москва: Диалектика, 2019.

Проблемы обнаружения и отслеживания протяженных объектов

Ромаданов Сергей Михайлович, студент магистратуры
Поволжский государственный университет сервиса (г. Тольятти)

Определены ключевые проблемы, возникающие при обнаружении и отслеживании протяженных объектов. Сформулированы основные составляющие задачи обнаружения и отслеживания.

Ключевые слова: *протяженный объект, беспилотное транспортное средство, модель движения.*

Остановимся на проблемах, возникающие при использовании методологии обнаружения и отслеживания одиночных или нескольких протяженных объектов (далее — ООПО), и проведем обзор связанных с ними вызовов. Рассмотрим стандартный пример, в котором беспилотный автомобиль движется в городской среде вместе с другими объектами, в данном случае автомобилями и пешеходами. Для безопасной и надежной работы важно, чтобы беспилотное транспортное средство могло обнаруживать и отслеживать объекты, находящиеся поблизости, т. е. оно должно решать проблему отслеживания нескольких объектов, как правило, протяженных. Для этой цели беспилотный автомобиль оснащен пассивными датчиками, такими как видеокamеры, а также датчиками на основе сканирования, такими устройствами как радар или лидар. В частности, датчики на основе сканирования напрямую обеспечивают обнаружение объектов в окружающем пространстве. Каждое обнаружение представляет собой фиксацию отражения от препятствия изученного, например, радаром луча. Если пространственный размер объекта превышает разрешение датчика, от этого объекта может быть получено несколько обнаружений из разных источников.

Обычно приходится иметь дело со следующими проблемами:

1. Объекты не неподвижны, а могут перемещаться;
2. Количество объектов неизвестно и меняется во времени;
3. Неизвестно, какие объекты обнаружены, а какие нет, а также возникают и ложные обнаружения;
4. Объединение данных неизвестно, т. е. неизвестно, что является источником обнаружения (объект или помеха);
5. Для обнаруженных объектов неизвестно, сколько обнаружений они вызвали, и также неизвестно, как измерения распределяются относительно названных объектов;
6. Формы и размеры объектов неизвестны.

ООПО обычно применяется к данным от датчиков, которые имеют ограниченное поле зрения. Например, автомобильный радар имеет некоторый угол раскрытия по азимуту и некоторую максимальную дальность, которые вместе определяют поле зрения в форме сегмента круга [1]. При наличии нескольких датчиков объединение полей зрения определяет так называемую зону наблюдения. Независимо от того, стационарный или мобильный датчик, объекты не гарантированно остаются

в зоне наблюдения. В любой момент времени существует вероятность того, что некоторые новые объекты войдут или появятся в зоне наблюдения, а некоторые из находящихся там объектов покинут зону наблюдения. Другими словами, количество обнаруживаемых объектов не просто неизвестно, но и меняется во времени.

Движение неизвестного объекта описывается моделями движения. Модель движения протяженного объекта описывает как положение и кинематика объекта меняются с течением времени, и как быстро они меняются с течением времени. Общий подход заключается в использовании стандартной модели движения, например, с постоянной скоростью или скоординированный поворот и в предположении, что объект в дальнейшем выровнен строго по направлению движения. Последнее предположение справедливо для большинства объектов в большинстве случаев; однако исключением являются объекты, которые испытывают значительный дрейф («рысканье»). Вместе с тем, такое экстремальное движение редко встречается в обнаружении и отслеживании протяженных объектов.

Входными данными для алгоритмов ООПО являются обнаружения объектов, которые получены путем обработки полученных данных датчиков с помощью детектора. Неотъемлемой особенностью детектора является то, что он подвержен двум типам ошибок: необнаружению, или пропуску объекта, и ложному обнаружению (ложному срабатыванию). Необнаружение возникает, когда объект находится в зоне наблюдения, но не обнаруживается датчиком. Ложное обнаружение происходит, когда детектор выдает обнаружение, но на самом деле объект в зоне наблюдения отсутствует [2]. Кроме того, в ООПО ассоциация данных неизвестна, т. е. при наличии набора обнаружений неизвестно, какие обнаружения относятся к какому конкретному объекту и какие обнаружения вызваны помехой. Это представляет собой серьезную проблему для S/МЕОТ, поскольку от одного и того же объекта может быть получено несколько обнаружений.

Основная проблема заключается в том, что неизвестно, в какой именно точке был обнаружен объект. Информация об обнаружении зависит от многих особенностей,

таких как устройство и параметры датчика, геометрии обнаруживаемого объекта, его отражающих свойств, параметров движения и пр.

Уже сейчас существующие системы обнаружения и отслеживания одиночного протяженного объекта ООПО являются сложными системами с целым рядом стоящих перед ними задач. В системе ООПО задача состоит в том, чтобы одновременно оценить форму, размер и положение протяженного объекта при воздействии на процесс обнаружения шумов объекта и окружающего пространства.

Согласно приведенному выше обсуждению, задача обнаружения в ООПО может быть разбита на три подзадачи:

1. Неизвестное количество объектов. Количество объектов $n_k = |X_k|$ в окружающем пространстве изменяется во времени, т. е. новые объекты должны быть инициализированы, а отслеживание существующих должно быть прекращено. Традиционно отслеживание инициализации и их завершения также называют управление отслеживанием;

2. Неизвестная ассоциация данных. Указан конкретный объект $x_k^i \in X_k$, при этом неизвестно, какое подмножество $W_k^i \in Z_k$ измерений исходит от цели x_k^i . Процесс присвоения размеров объектам традиционно называется ассоциацией данных. Особая проблема в ООПО заключается в том, что количество возможных ассоциаций чрезвычайно велико, так как несколько измерений могут быть выполнены для одного и того же объекта;

3. Неизвестная форма. Измерения искажены шумом и точная точка на объекте, который был обнаружен неизвестна. Это означает, что даже если измерение объекта задано, то есть известно, что измерения $W_k^i \in Z_k$ происходят от объекта x_k , то сложно оценить состояние x_k .

Обращаем внимание, что подход ООПО существенно отличается от типичной настройки отслеживания объектов на основе анализа изображений [3]. Например, в подходе «отслеживание за обнаружением», когда объекты обнаруживаются, например, нейронной сетью и сам процесс обнаружения связан с анализом последовательности кадров. В свою очередь в ООПО множественные либо точечные обнаружения объекта принимаются напрямую от датчика за одно сканирование.

Литература:

1. Теоретические основы радиолокации / А. А. Коростелев, Н. Ф. Ключев, Ю. А. Мельник и др. [Текст]; Под ред. В. Е. Дулевича. 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Сов. радио, 1978. — 608 с.
2. Blackman and R. Popoli, Design and Analysis of Modern Tracking Systems [Text]. — Norwood, MA, USA: Artech House, 1999. — 1230 p.
3. Гедзберг, Ю. М. Охранное телевидение [Текст]. — М.: Горячая линия–Телеком, 2005. — 312 с.

Эффективность алгоритма объединения данных

Ромаданов Сергей Михайлович, студент магистратуры
Поволжский государственный университет сервиса (г. Тольятти)

Приведены результаты моделирования работы и эффективность алгоритма объединения данных от видеокамеры и лидара.

Ключевые слова: протяженный объект, видеокамера, лидар.

Эффективность предложенного алгоритма объединения данных («слияния») от видеокамеры и лидара (либо радара) проверяется путем сравнения его производительности обучения и оценки с данными алгоритмов на основе одной видеокамеры или одного лидара. Два алгоритма на основе одного источника имеют ту же основу, что и предложенный алгоритм на основе объединения данных, но имеют одну решающую ветвь.

Предложенный алгоритм на основе объединения данных демонстрирует лучшую общую производительность, например, относительно метрики mAP (mean Average Precision, усредненная по классам средняя точность) [1]. По сравнению с двумя названными алгоритмами, основанными на одном источнике, предлагаемый подход обеспечивает наивысший истинно положительный прогноз, т. е. наибольшую вероятность обнаружения P , и наименьший ложноотрицательный прогноз, т. е. наименьшую вероятность пропуска F . Статистически фиксируем в табл. 1 количество ложно отрицательных и ложно положительных результатов значений названных параметров, обнаруженных предложенным алгоритмом,

Также визуализируем некоторые примеры ложно отрицательных и ложно положительных результатов на рис. 1–3. На рис. 1, а и в показаны два случая ложно отрицательных результатов. На рис. 1, а жилой дом слева был ошибочно идентифицирован как грузовой автомобиль, поскольку форма и цвет здания очень похожи на грузовой кузов фургона. На рис. 1, в дорожное покрытие с левой стороны было ошибочно идентифицировано как автомобиль из-за сходства между тенью задней части автомобиля на поверхности дороги и реальной задней частью автомобиля. Напротив, на рис. 1, с и d представлены два случая ложно положительных результатов. Велосипедист в правой части рис. 1, с и средняя часть велосипедиста на рис. 1, d были ошибочно идентифицированы как пешеходы. Хотя между нижними половинами велосипедиста и пешехода существует огромная разница, верхние половины очень похожи. Очевидно, что ложно отрицательные и ложно положительные результаты возникают, когда неправильно классифицированные объекты имеют форму, аналогичную форме правильных объектов.

Таблица 1. Количество ложно положительных и ложно отрицательных результатов

	Автомобиль	Велосипедист	Пешеход
Ложно положительный	1202	89	374
Ложно отрицательный	1495	92	285
Истинно положительный	15636	761	1875

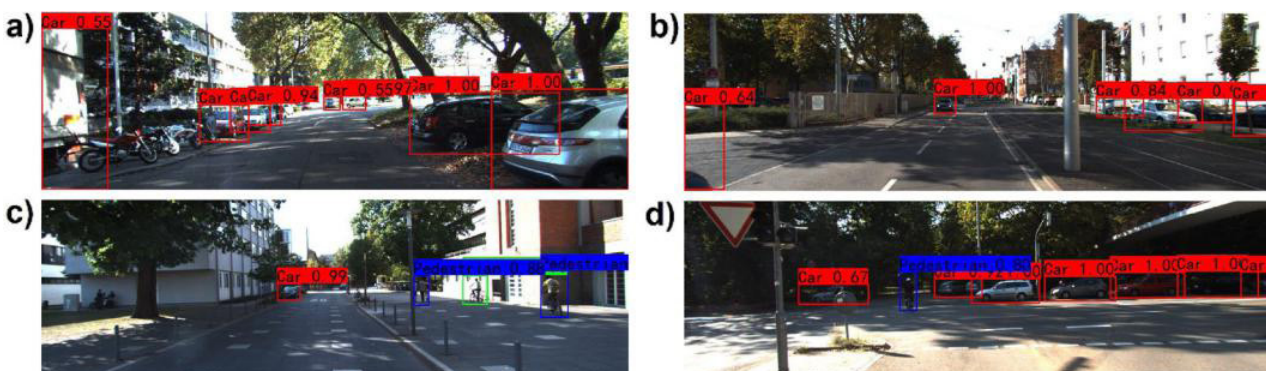


Рис. 1. Визуальные образцы ложно положительных и ложно отрицательных результатов алгоритма, основанного на «слиянии»

Чтобы более интуитивно сравнить предлагаемый алгоритм с алгоритмами, основанными на одном источнике, визуализируем некоторые результаты обнаружения в наборе данных KITTI [1] и проводим качественный анализ. На рис. 2, а и 3, а показано, что алгоритмы на основе одной видеокамеры и одного лидара не позволяют обнаружить пешехода, выходящего из автобуса. На рис. 2, b и 2, b показано, что алгоритмы на основе одной видеокамеры и од-

ного лидара ошибочно обнаруживают три автомобиля в правом углу изображения. На рис. 2, с и 3, с алгоритм на основе одной видеокамеры ошибочно идентифицирует велосипедиста как пешехода, в то время как алгоритм на основе одного лидара не обнаруживает этот объект. На рис. 2, d и 3, d показано, что алгоритмы на основе одной видеокамеры и одного лидара пропускают обнаружение пешеходов, перекрытых автомобилями.

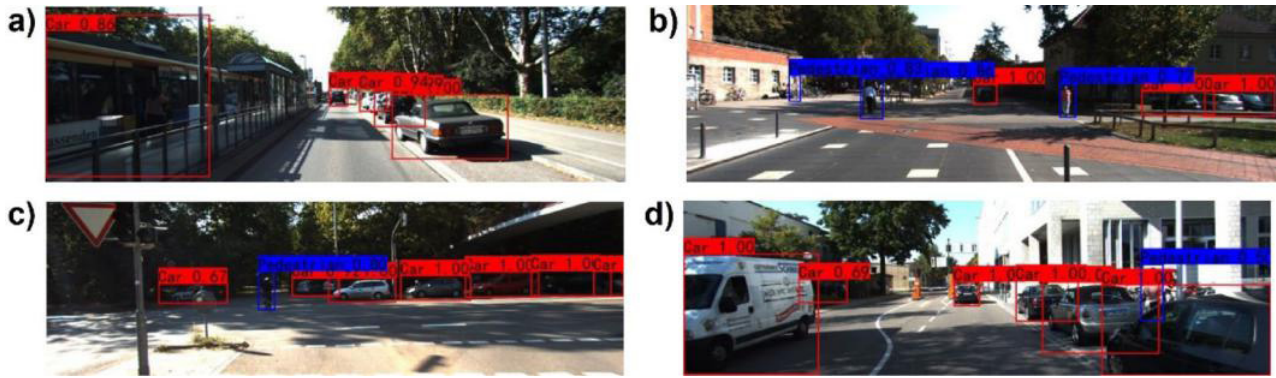


Рис. 2. Визуальные примеры результатов обнаружения на основе одиночной видеокамеры

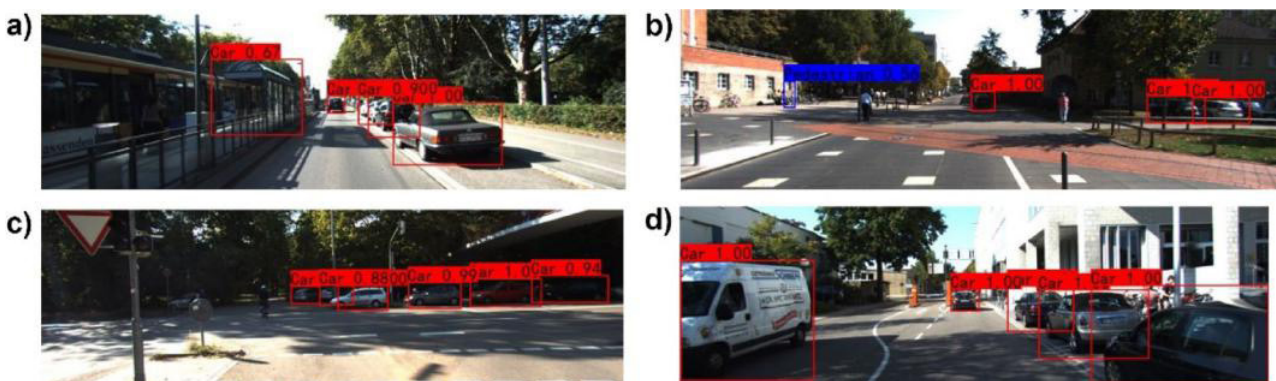


Рис. 3. Визуальные примеры результатов обнаружения на основе одного лидара

Рис. 4 также показывает, что алгоритм, основанный на «слиянии», успешно обнаруживает все объекты и определяет их местоположение. Таким образом, предлагаемый алгоритм работает лучше, чем алгоритмы с одним источ-

ником, особенно при обнаружении объектов и определении положения небольших объектов, объектов на границе изображения и закрытых объектов.

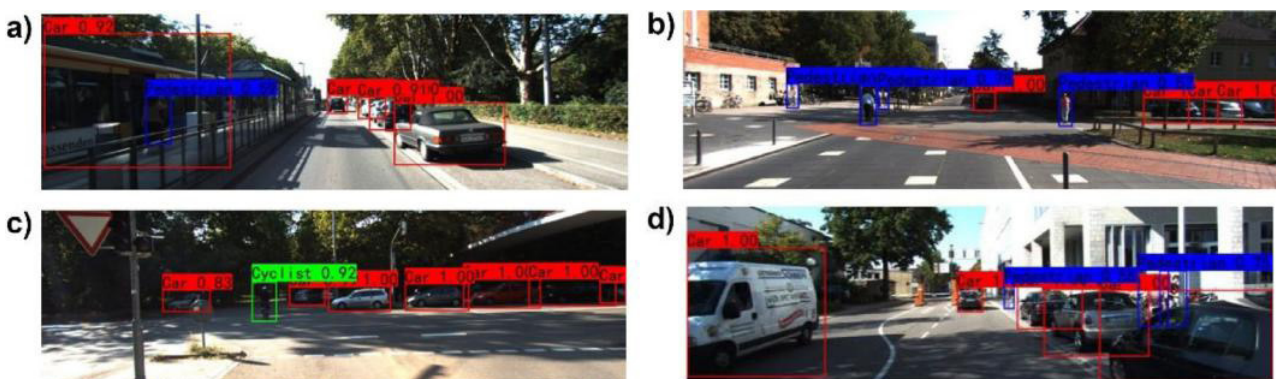


Рис. 4. Визуальные образцы результатов обнаружения на основе «слияния»

Отметим, что существует возможность улучшить используемую сетевую архитектуру, внедрив в алгоритм «механизм внимания». Этот механизм поможет сети уделять больше внимания интересующим областям, что позволит сети собирать более широкий спектр контекстной

информации. Сеть будет лучше подготовлена к составлению точных прогнозов на основе особенностей целей, выявленных ранее, что сведет к минимуму количество ложно отрицательных и ложно положительных результатов.

Литература:

1. Mean Average Precision (mAP) in Object Detection [Электронный ресурс]. — URL: <https://learnopencv.com/mean-average-precision-map-object-detection-model-evaluation-metric/> (дата обращения: 01.11.2023).
2. Geiger, A., Lenz, P. & Urtasun, R. Are we ready for autonomous driving? The kitti vision benchmark suite [Электронный ресурс]. In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 3354–3361. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2012.6248074>

Постановка задачи обнаружения и измерительная модель RM

Ромаданов Сергей Михайлович, студент магистратуры
Поволжский государственный университет сервиса (г. Тольятти)

Рассмотрена постановка задачи обнаружения протяженного объекта с использованием лидара. Приведена измерительная модель на основе случайной матрицы.

Ключевые слова: протяженный объект, случайная матрица, лидар.

Модель случайной матрицы (RM) — это типичный метод моделирования протяженных объектов, который широко используется при обнаружении и отслеживании названных объектов. Однако существующие системы и устройства на основе модели RM обычно предполагают, что измерения следуют по гауссову распределению, что, в свою очередь, может привести к снижению точности при применении устройства в лидарной системе. Была предложена новая модель обнаружения, используемая для модификации устройства на основе модели RM с учетом характеристик 2D-данных лидара.

Предлагаемый метод отличается от описанного в [1] и не предполагает большого количества излишних измерений. Нами в достаточном объеме рассмотрены характеристики обнаружения лидарной системы на основе реальных данных лидара. Таким образом, предлагаемый метод позволяет лучше оценить кинематику и протяженность обнаруживаемого объекта. Следует обратить внимание на то, что предлагаемый метод может использоваться только для обнаружения и отслеживания одного протяженного объекта, а не является системой для обнаружения и отслеживания нескольких объектов.

Для разработки предлагаемого метода рассмотрим сначала постановку задачи обнаружения на основе модели RM.

Пусть ξ_k обозначает размер объекта (или состояние протяженности) в момент времени k . Модель RM обычно определяется следующим выражением: $\xi_k = \{x_k, X_k\}$, где x_k — кинематический вектор; X_k — матрица $d \times d$, используемая для описания размера протяженного объекта; d — размерность пространства отслеживания. Используя структуру байесовской фильтрации, предсказание состояния опишется так:

$$p(x_k, X_k | Z_{k-1}) = \iint p(x_k, X_k | x_{k-1}, X_{k-1}) p(x_{k-1}, X_{k-1} | Z_{k-1}) dx_{k-1} dX_{k-1}, \quad (1)$$

где $p(x_k, X_k | x_{k-1}, X_{k-1})$ — плотность перехода.

Уточнение состояния записывается следующим образом:

$$p(x_k, X_k | Z_k) = \frac{p(Z_k | x_k, X_k) p(x_k, X_k | Z_k)}{\iint p(Z_k | x_k, X_k) p(x_k, X_k | Z_{k-1}) dx_k dX_k}. \quad (2)$$

Модель RM предполагает, что x_k соответствует распределению Гаусса, а X_k соответствует обратному распределению Уишарта. Следовательно, согласно [2], плотность состояний объекта на основе факторизованной модели равна:

$$p(x_k, X_k | Z_k) = p(x_k | Z_k) p(X_k | Z_k) = N(x_k | m_k, P_k) \times IW(X_k | v_k, V_k), \quad (3)$$

где $N(\cdot)$ обозначает распределение Гаусса, а $IW(\cdot)$ обозначает обратное распределение Уишарта.

В исходной модели случайной матрицы для набора измерений $Z_k = \{z_k^{(i)}\}$ обычно предполагается, что каждый $z_k^{(i)}$ генерируется независимо от распределения Гаусса. Поэтому x_k и X_k обычно оцениваются с использованием среднего значения и ковариации набора измерений Z_k соответственно.

Однако в 2D-лидарной системе измерения распределены по контуру объекта и может быть обнаружена только одна сторона (в данном случае автомобилем). Среднее значение и ковариация Z_k не могут точно описать реальное положение или размеры объекта. Следовательно, проблема модели RM заключается в том, что она не может оценить реальное состояние объекта, когда данные поступают из 2D-лидарной системы.

Перейдем далее к рассмотрению измерительной модели 2D-лидара, которая понадобится нам в дальнейшем.

Необработанные данные лидара обычно имеют полярный формат, например $z^{(i)} = \{d_L^{(i)}, r_L^{(i)}\}$, где $d_L^{(i)}$ и $r_L^{(i)}$ обозначает расстояние и радиан i -го диапазона за обзор соответственно.

В соответствии с принципом обнаружения лидара при его применении в реальных условиях были сделаны следующие предположения:

1. Лидар осуществляет обнаружение n_r раз за один обзор, а i радиан наблюдения $r^{(i)}$ следует из распределения Гаусса $N\left(r_L^{(i)} \mid i \cdot 2\pi / n_r, \sigma_r^2\right)$, где σ_d^2 — заданная дисперсия;
2. Диапазон шума соответствует распределению Гаусса с нулевым средним значением с дисперсией σ_d^2 ;
3. В зависимости от различных факторов помех, таких как погода или сильный свет, вероятность обнаружения объекта равна P_{D_1} ;
4. Если объект может быть обнаружен по различию материала его поверхности, то вероятность обнаружения каждого диапазона равна P_{D_2} .

На основании вышеизложенных предположений модель измерения можно описать следующим образом:

1. Пусть $Z = \left\{z^{(i)}\right\}_{i=1}^n$ обозначает набор измерений за один обзор. Согласно предположению 3 существует вероятность $1 - P_{D_1}$ того, что Z представляет собой пустое множество;

2. Когда Z не является пустым множеством, согласно предположению 4, существует вероятность $1 - P_{D_2}$, что $z^{(i)}$ также представляет собой пустое множество;

3. Пусть μ_L и \hat{z} обозначают положения лидара и объекта согласно предположениям 1 и 2, где $d_L^{(i)}$ и $r_L^{(i)}$ определяются следующим образом:

$$d_L^{(i)} \sim N\left(c\left(\hat{z}, \mu_L, r_L^{(i)}\right), \sigma_d^2\right); \quad (4a)$$

$$r_L^{(i)} \sim N\left(i \cdot 2\pi / n, \sigma_r^2\right), \quad (4b)$$

где $c(\cdot)$ обозначает обнаруживаемую контурную функцию объекта.

Например, $c\left(\hat{z}, \mu_L, r_L^{(i)}\right)$ — результат ранжирования объекта с центральной координатой z . Координаты лидара — μ_L , радиан обнаружения — $r_L^{(i)}$.

Хотя в некоторых методах слежения на основе RM также обсуждается проблема слежения в лидарной системе, результаты слежения должны рассчитываться в соответствии с характеристиками конкретных объектов. Например, в [3] использовалась такая информация, как направление движения вперед и угол поворота передних колес; таким образом, метод подходит только для отслеживания транспортных средств прямоугольной формы. Предложенный метод

предлагает еще одну интересную идею — возможность в полной мере использовать измерительные характеристики лидарной системы для оценки реального состояния объекта.

Литература:

1. Hoher, P. et al. Extended target tracking with a lidar sensor using random matrices and a virtual measurement model. *IEEE Trans. Signal Process.* 70, 228–239 (2022).
2. Feldmann, M., Frdken, D. & Koch, W. Tracking of extended objects and group targets using random matrices. *IEEE Trans. Signal Process.* 59(4), 1409–1420 (2011).
3. K. Granström, S. Reuter, D. Meissner and A. Scheel, A multiple model PHD approach to tracking of cars under an assumed rectangular shape. *Proc. of the 17th International Conference on Information Fusion (FUSION), Salamanca, Spain, pp. 1–8, (2014).*

Ранжирование проектов информационной безопасности

Чернышев Константин Сергеевич, студент магистратуры
Тольяттинский государственный университет

Настоящая статья посвящена рассмотрению вопроса о ранжировании мер (проектов) информационной безопасности на предприятиях для определения последовательности их реализации.

В статье представлена модель ранжирования, включающая критерии влияния внедряемого проекта на уровень состоятельности того или иного процесса системы менеджмента информационной безопасности, а также на СМИБ в целом. В модели представлена возможность проводить ранжирование с применением доминирующего коэффициента, позволяющей лицу проводящему оценку наиболее гибко настраивать модель под текущие требования.

В качестве источников информации для проведения исследования использованы научные статьи и литература в области аналогичных исследований. В качестве инструмента математической поддержки использованы формулы и коэффициенты.

Актуальность работы связана с универсальностью и относительно низкой сложностью адаптации представленной модели ранжирования проектов к предприятиям различного профиля, что может вызвать заинтересованность научного сообщества к его применению.

Ключевые слова: ранжирование, приоритет, проект, мера, информационная безопасность, процесс.

Управление информационной безопасностью (далее — ИБ), как и любой другой процесс, для своего полноценного функционирования, требует достаточных ресурсов: трудовых, временных, финансовых и т. д. К сожалению, для большинства предприятий, периодическая или постоянная нехватка таких ресурсов больше является закономерностью чем исключением. Поэтому анализ угроз ИБ и разработка мер по их противодействию являются лишь одними из первых этапов на пути построения эффективной системы менеджмента информационной безопасности (далее — СМИБ), следующим этапом является определение первоочередности их реализации, этот процесс называется ранжированием проектов.

На первый взгляд можно предположить, что термин «ранжирование» аналогичен термину «сортировка», но это не совсем так. Сортировка представляет собой процедуру перестановки элементов массива или перечня в определенном порядке по заданному условию, в то время как ранжирование — процесс упорядочивания объектов с учетом определенных критериев.

Особую актуальность ранжирование может иметь при достаточно объёмном перечне проектов, который может

быть сформирован, к примеру, по итогам проведенного аудита информационной безопасности или оценки состоятельности СМИБ предприятия с использованием моделей зрелости процессов [1]. Тогда количество проектов, необходимых для достижения целевого уровня состоятельности СМИБ предприятия, может составлять несколько десятков.

Следует заметить что ранжирование проектов используется в случае, когда проекты не являются альтернативными, то есть, возможно принятие всех или нескольких проектов, но предприятие не может реализовать их одновременно, поэтому очередной проект может быть реализован по мере появления такой возможности без радикального исключения его из списка [2].

В целом ранжирование проектов можно описать как процесс, выражаемый в виде последовательности, продемонстрированной на рисунке 1.

Так как универсальных инструментов (моделей) для ранжирования проектов, пригодных для использования во всех конкретных ситуациях, не существует, соответствующие критерии ранжирования, как и сама модель, разрабатывается или адаптируется для каждого случая

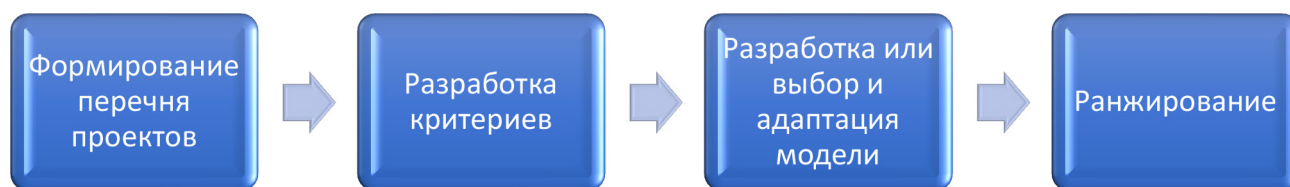


Рис. 1. Процесс ранжирования проектов

в зависимости от специфики предметной области и поставленных задач.

При проведении ранжирования важно уделить внимание именно разработке критериев, от их адекватности зависит успешность проводимой оценки. Следовательно, ключ к успешному применению моделей ранжирования состоит в составлении надлежащего списка критериев оценки, который будет отражать цели реализации проектов к интересам предприятия [3].

Вторым фактором при разработке критериев является их количество. При большом количестве критериев, модель становится громоздкой, а время необходимое для проведения расчётов, с каждым добавленным критерием, растёт по экспоненте. Вырастет и сложность адаптации модели

при необходимости её использования в похожих областях. Также недостатком будет являться логическая пересекаемость тех или иных критериев, тем самым результаты некоторых критериев могут противоречить друг другу.

Для проведения примера и разработки критериев предлагается провести процесс ранжирования условных проектов ИБ предприятия. Предположим, что предприятие N провело оценку состоятельности СМИБ с применением модели зрелости процессов [1], провела анализ существующей системы защиты и по его итогу составила перечень проектов, которые необходимо реализовать для достижения приемлемого (целевого) уровня СМИБ.

Для начала составим список проектов (таблица 1).

Таблица 1. Список проектов

Наименование проекта	Влияние на процессы СМИБ по ISO 27k	Комментарии к проекту
Проект 1	Криптография, Безопасность при эксплуатации, Соответствие	Имеется срочность реализации до дд.мм.гг
Проект 2	Взаимоотношения с поставщиками, Приобретение, разработка и поддержка систем	-
Проект 3	Менеджмент инцидентов информационной безопасности, Соответствие	Требуется привлечение интегратора
Проект 4	Физическая безопасность и защита от воздействия окружающей среды	-
Проект 5	Управление доступом	Требуется значительное инвестирование
Проект n	Безопасность, связанная с персоналом	-

Разработанная система критериев для ранжирования проектов ИБ предприятия N представлена в таблице 2.

Таблица 2. Система критериев для ранжирования

Критерий	Качественное описание критерия	Коэффициент	Доминирующий коэффициент
Срочность	Прогнозируемый срок реализации проекта условно высокий (более 12 мес.)	1	0.2
	Прогнозируемый срок реализации проекта условно умеренный (менее 12 мес.)	2	
	Прогнозируемый срок реализации проекта условно низкий (менее 6 мес.)	3	
Ресурсоёмкость	Проект требует значительного количества ресурсов	1	0.3
	Проект требует дополнительных ресурсов	2	
	Проект не требует дополнительных ресурсов	3	

Влияние	Оказывает влияние на процесс совместно с другим проектом	1	0.5
	Оказывает влияние на процесс с незначительным потенциалом	2	
	Оказывает влияние на процесс со значительным потенциалом	3	

Для нормирования полученных значений для проектов используются доминирующие коэффициенты a , b , c , присвоенные каждому критерию. Значения доминирующих коэффициентов назначаются экспертно и отражают важность того или иного критерия в системе общей оценки. В данном случае доминирующий коэффициент критерия влияния является самым высоким т. к. целью внедрения перечня проектов является повышение уровня состоятельности СМИБ предприятия, при этом сумма всех коэффициентов равна фиксированному числу — 1.

Стоит заметить, что если имеются факторы ограничения реализации проекта имеющий более повышенный приоритет, такие как срочность исполнения (к примеру для устранения замечаний по выданному предписанию от регулирующих органов исполнительной власти) или фактор влияния на конкретную информационную систему предприятия, то лицо принимающее решение о назначении веса доминирующего коэффициента может комбинировать их по своему усмотрению.

Таким образом для подсчета итогового балла конкретного проекта используется следующая формула:

$$P_n = Aa + Bb + Cc$$

где

P — показатель приоритета проекта

n — наименование проекта

A — Коэффициент критерия срочности проекта

B — Коэффициент критерия ресурсоёмкости проекта

C — Коэффициент критерия влияния проекта

a — Доминирующий коэффициент срочности проекта

b — Доминирующий коэффициент ресурсоёмкости проекта

c — Доминирующий коэффициент влияния проекта

В случае, если проект оказывает максимальное влияние при минимальной ресурсоёмкости и сроках реализации, данному проекту автоматически присваивается наивысшее значение (Высокий), в противном случае присваивается уровень приоритета (Низкий) или (Средний). Критерии отнесения итогового балла с значением приоритета отражены в таблице 3.

Таблица 3. Качественная оценка приоритета

Диапазон значений	Приоритет проекта
$2,5 \leq P \leq 3$	Высокий
$2 \leq P \leq 2,4$	Средний
$0 \leq P \leq 1,9$	Низкий

Пример результатов ранжирования проектов приведен в Таблице 4.

Таблица 4. Пример результатов ранжирования

Наименование проекта	Балл	Качественная оценка приоритета	Порядок реализации
Проект 1	2.7	Высокий	1
Проект 2	2.3	Средний	3
Проект 3	1.8	Низкий	5
Проект 4	2.5	Высокий	2
Проект 5	2.0	Средний	4
Проект n	1.5	Низкий	6

В заключение можно сказать, что СМИБ предприятия как правило является обеспечивающим (вспомогательным) процессом для бизнеса и не является процессом прямо формирующим его активы но при этом она может и должна вносить существенный вклад в достижение его

целей [4] поэтому ранжирование проектов имеет весомое значение с точки зрения менеджмента, так как результат его проведения имеет большое влияние на успешность достижения целей предприятия в разных временных перспективах.

Литература:

1. Чернышев, К. С. Комбинированный метод оценки зрелости системы менеджмента информационной безопасности с применением модели СММИ / К. С. Чернышев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2023. — № 36 (483). — с. 24–28. — URL: <https://moluch.ru/archive/483/105848/>
2. Соловьева, И. А., Гальтяев А. В. Разработка многокритериальной модели отбора и ранжирования проектов при формировании инвестиционной программы компании // Интернет-журнал «Науковедение» Том 9, № 1 (2017) <http://naukovedenie.ru/PDF/44EVN117.pdf> (доступ свободный).
3. Милошевич, Д. Набор инструментов для управления проектами / Драган З. Милошевич; Пер. с англ. Мамонтова Е. В.; Под ред. Неизвестного С. И. — М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2008.
4. Варзунов, А. В., Торосян Е. К., Сажнева Л. П., Анализ и управление бизнес-процессами // Учебное пособие. — СПб: Университет ИТМО, 2016.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Изготовление набора для развития мелкой моторики посредством трехмерного моделирования, аддитивных и лазерных технологий

Вовасова Маргарита Алексеевна, педагог дополнительного образования
КГАНОУ КЦО «Детский технопарк «Кванториум» (г. Хабаровск)

Проект направлен на изготовление наборов для развития мелкой моторики посредством трехмерного моделирования, аддитивных и лазерных технологий.

Современные темпы развития промышленности требуют выбора технологий производства, требующих наименьших затрат и выполняемых в кратчайшие сроки.

Наряду с новыми и передовыми технологиями можно отметить стремительный рост внедрения аддитивных технологий.

Существует огромное количество определений, так или иначе характеризующие аддитивные технологии. В общем, под аддитивными технологиями понимают (AM — Additive Manufacturing, AF — Additive Fabrication) технологии, которые позволяют изготавливать изделия за счет послойного синтеза, или послойного выращивания изделий по цифровой 3D-модели.

В отличие от традиционных технологий изготовления деталей методом вычитания материала из заготовки, использование аддитивных технологий подразумевает построение детали путем добавления слоя за слоем до получения готового изделия. Если при обработке по традиционным технологиям обработки деталей отходы материала иногда превышают 70 %, то при использовании аддитивных технологий этот показатель стремится к нулю.

Аддитивное производство (АП) включает в себя ряд этапов:

- проектирование в среде САПР;
- преобразование в STL-файлы;
- перенос STL-файла в машину аддитивного производства и манипулирование этими файлами;
- изготовление;
- последующая обработка (постобработка);
- применение.

Проектирование в среде САПР. Изготовление любых деталей с использованием АП начинается с создания виртуальной модели с помощью специального программного обеспечения для твердотельного моделиро-

вания, которое полностью описывает геометрическую форму и размеры внешней поверхности изделия. На выходе получают трехмерное представление твердого тела или его поверхности.

Лазерная технология — это совокупность способов обработки, изменения состояния, свойств и формы материала или полуфабриката, осуществляемых посредством лазерного излучения. В большинстве процессов лазерной технологии используется термическое действие света, вызываемое поглощением энергии лазера в обрабатываемом материале.

В процессе лазерной резки решающую роль играет выдувание из зоны резки мелкодисперсной и капельной фракции. С целью повышения эффективности резки, применяют поддув в зону резания активного или нейтрального газа, который выдувает испаренные капельные фракции и производит охлаждение локального участка, позволяя резать материалы с малым обугливанием и оплавлением.

В данном проекте рассматривается возможность изготовления наборов для развития мелкой моторики посредством трехмерного моделирования, аддитивных и лазерных технологий.

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что в наше время актуальной проблемой становится полноценное развитие детей с дошкольного возраста. Важную роль в успешности интеллектуального и психофизического развития ребёнка является сформированная мелкая моторика.

Набор представляет из себя 3Д конструктор, состоящий из двух ста деталей разного размера и формы.

Детали конструктора выполнены из фанеры высокого качества толщиной 3 мм. При сборке конструктора не используется клей и другие химические вещества, что делает его максимально безопасным для здоровья.

При сборке данного конструктора развиваются такие важные качества как: упорство, усидчивость, внимательность, аккуратность и развитая мелкая моторика рук.

В данном проекте в виде конструктора представляется модель глобуса, но при желании, можно изготовить множество различных моделей.

«Глобус» состоит из двух основных модулей: сфера и поставка.

Данная модель оснащена датчиком движения, при включении которого начинается движение самого глобуса.

Саму модель при желании можно достать из куба и продемонстрировать в действие.



Рис. 1

Изучив предложения на рынке наглядных пособий, становится понятно, что на сегодняшний день существует множество наборов для развития мелкой моторики, отличающихся внешним видом, функционалом, наполнением и стоимостью.

Самыми недорогими и распространенными являются наборы, направленные на массаж пальцев рук у детей, — это различные массажные мячики, перчатки, массажные ладошки с шипами. Дынные наборы выполнены, как правило, из резины и стоимость различается от ста до трех тысяч рублей, в зависимости от комплектации



Рис. 2. Набор игольчатых шариков

Следующий вид развивающего пособия — сенсорная игра. Суть игры состоит в том, что ребенок не глядя смог наощупь, среди множества разнообразных предметов найти пару одинаковых. В состав набора входят фигурки разнообразной формы и мешочек для хранения. Стоимость таких наборов начинается от двух тысяч рублей.



Рис. 3. Сенсорная игра

Следующий вид набора является одним из самых дорогостоящих на рынке наборов для развития мелкой моторики рук. Стоимость таких наборов начинается от ста тысяч рублей. Сами наборы содержат в себе большое количество элементов, направленных на развитие мелкой моторики различными способами. Рассмотрим содержимое одного из таких наборов:

Сумка для переноски и хранения. Размеры сумки должны позволять сложить в нее весь набор.



Рис. 4. Адаптированный игровой набор

Изучив предложения на рынке наглядных пособий, становится понятно, что развивающих наборов огромное количество, разнообразного характера и содержания, изготовлены из различных материалов и разного ценового диапазона.

В данном проекте рассматривается изготовление развивающего набора в виде конструктора.

Самостоятельное изготовление развивающих наборов посредством аддитивных и лазерных технологий позволяет избежать высоких затрат при производстве.

Цифровая модель кисти была спроектирована в программе Autodesk Fusion 360

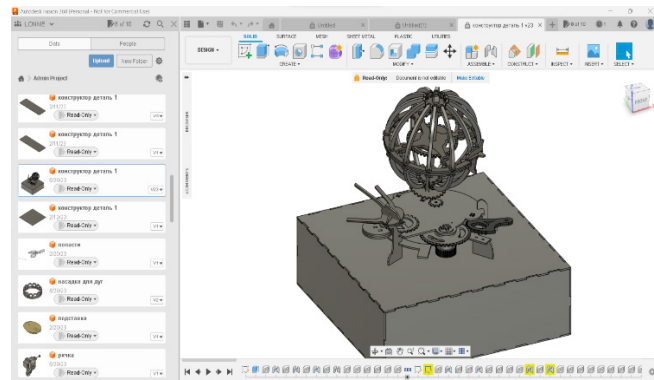


Рис. 5

Autodesk Fusion 360 — это САПР нового поколения. Программный продукт представляет собой средство 3D-проектирования и разработки изделий на основе облачных технологий, в котором сочетаются возможности

совместной работы, цифрового проектирования и механической обработки в одном пакете.

Детали конструктора были разработаны в программе CorelDraw

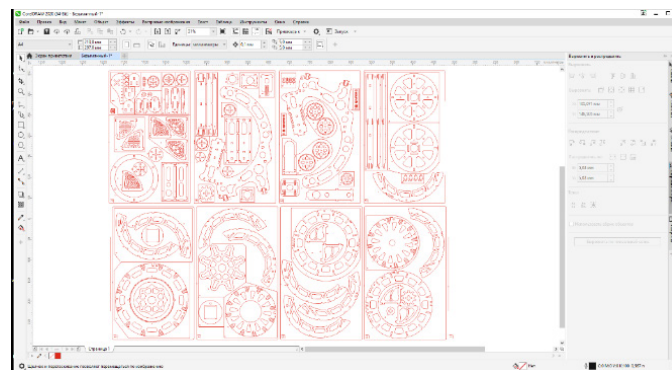


Рис. 6

CorelDRAW — графический редактор векторной графики.

Функционал: редактирование изображений стандартного пиксельного формата, работа с векторной/растровой графикой.

В данной программе была разработана информационная табличка.

Программа JobControl — используется для управления лазерными станками. Широкий функционал позволяет реализовывать большое количество задач, связанных с ла-

зерной резкой: определять точку входа и возврата, настраивать параметры резки, мощность излучателя и скорость его перемещения, определять время для выполнения работы и многое другое. Может работать как с векторными (.cdr,.ai,.plt,.dxf и др.) так и растровыми файлами (.jpg,.png,.bmp и др.)

PolygonX — программа слайсер, в которой реализованы функции поддержки нескольких экструдеров, разделение на слои, плавная переменная высота слоя, последовательная печать, печать в режиме «сотовых пузырей», разделение объектов на части.

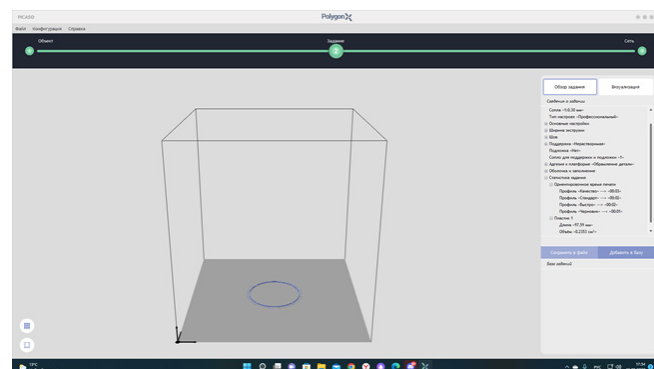


Рис. 7

В данной программе был произведен слайсинг трехмерных моделей, которые необходимо было напечатать на 3D-принтере. Слайсинг — это процесс перевода 3D-модели в управляющий код (G-код), необходимый для того, чтобы принтер смог распознать и напечатать те или иные детали.

Все представленное программное обеспечение удобно в использовании и доступно обычным пользователям, существует множество методичек, статей и видео-уроков по работе с ними. Их использование упрощает многие задачи и расчеты, что помогает в проектировании изделий.

Для изготовления набора были использованы аддитивные (FDM) и лазерные технологии.

Все поставленные в проекте задачи были достигнуты.

Рассмотрено программное обеспечение: Autodesk Fusion 360, Polygon X, CorelDRAW, JobControl. Смоделированы детали изделий, произведена сборка, составлены чертежи САПР — Autodesk fusion 360. Также использо-

ваны вспомогательные программы — PolygonX, CorelDRAW, JobControl, необходимые для доработки и непосредственного изготовления деталей.

Рассмотрено оборудование для печати и лазерной резки. Выбраны 3D-принтеры Picasso за счет их точности, удобства, закрытой камеры и стеклянного стола. А также лазерный станок Trotec, имеющий все необходимые преимущества лазерной резки.

Выбраны оптимальные материалы для печати и лазерной резки. Для печати — пластики PLA, Пластик PLA имеет такие преимущества как прочность, легкость и нетоксичность. Для резки — органическое стекло (оргстекло) толщиной 3 и 8 миллиметров для изготовления доски

Детали подготовлены для печати и лазерной резки. Произведен слайсинг деталей, которые необходимо напечатать, и обработка в программе лазерной резки деталей, которые подвергались лазерной обработке.

Литература:

1. Д. В. Зиновьев «Проектирование в Autodesk Inventor» Литагент «Ридеро» 2015 г. — 140 с.
2. М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина «Аддитивные технологии в машиностроении» Санкт-Петербург, Издательство политехнического университета 2013 г. — 221 с.
3. Журнал «Аддитивные технологии» Техническая литература 2016–2019 гг.
4. Сучкова, Н. В., Толмачёва Л. В., Гончар В. А. «Особенности организации охраны труда при работе с аддитивными технологиями», Таганрог, ООО «ЭльДирект» 2017 г. — 92 с.

Применение искусственного интеллекта в радиолокационной разведке

Исмаилов Руслан Анатольевич, студент;

Гайнуллин Расим Рустамович, студент

Научный руководитель: Варламов Александр Сергеевич, кандидат педагогических наук, доцент

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», филиал в г. Челябинске

В статье рассматриваются особенности и возможности искусственного интеллекта в радиолокационной разведке.

Ключевые слова: искусственный интеллект, радиолокационная разведка, система, SAR.

Радиолокационная разведка уже несколько десятилетий играет ключевую роль в военных операциях. Она позволяет получать важнейшую информацию о перемещении сил противника, потенциальных угрозах и даже о состоянии окружающей среды. Однако огромный объем данных, генерируемых современными радиолокационными системами, а также необходимость их быстрого и точного анализа привели к тому, что интеграция искусственного интеллекта (ИИ) в эту область стала настоящей необходимостью. ИИ произвел революцию в радиолокационной разведке, обеспечив более быстрое и точное обнаружение угроз, улучшив ситуационную осведомленность и снизив нагрузку на человека. В данной статье рассматриваются различные варианты применения ИИ в радиолокационной разведке в контексте военной науки.

Повышение точности обнаружения и классификации целей

Искусственный интеллект не только повысил точность обнаружения и классификации целей в радиолокационной разведке, но и позволил радиолокационным системам адаптироваться и развиваться с течением времени. Благодаря использованию искусственного интеллекта радиолокационные системы могут постоянно обновлять свои модели распознавания, получая новые данные и участвуя на реальных сценариях. Такая способность к динамическому обучению позволяет системе сохранять эффективность перед лицом эволюционирующих угроз, таких как стелс-технологии или цели неправильной формы.

Кроме того, использование искусственного интеллекта для обнаружения целей открыло путь к слиянию

нескольких датчиков. Радиолокационные данные могут быть объединены с данными других датчиков, таких как инфракрасные, акустические и электрооптические. Такое объединение данных позволяет более полно распознавать цели и обеспечивает резервирование в случае снижения эффективности одного из датчиков. Объединение данных из различных источников на основе ИИ обеспечивает более устойчивую и точную систему классификации целей, что повышает способность военных эффективно реагировать на угрозы.

Интеграция ИИ также позволяет использовать технологию радиолокации с синтезированной апертурой (SAR), которая позволяет получать изображения земной поверхности с высоким разрешением даже при неблагоприятных погодных условиях. Эти изображения SAR, проанализированные с помощью алгоритмов искусственного интеллекта, позволяют точно идентифицировать и отслеживать наземные цели. Синергия SAR и ИИ создает ценный инструмент для военной науки, позволяющий обнаруживать и отслеживать скрытые или замаскированные цели, которые могут быть пропущены только с помощью традиционного радара.

Улучшение ситуационной осведомленности

Помимо объединения данных из различных источников, ИИ открыл новую эру предиктивной аналитики в радиолокационной разведке. Алгоритмы машинного обучения могут обрабатывать исторические радиолокационные данные и другую контекстную информацию для прогнозирования возможных перемещений противника и сценариев угроз. Эти прогнозы дают ценные сведения военным планировщикам и лицам, принимающим решения, позволяя им предвидеть и готовиться к различным непредвиденным ситуациям. Такой упреждающий подход позволяет существенно повысить оперативную готовность и эффективность реагирования вооруженных сил.

Кроме того, ситуационная осведомленность на основе ИИ способствует быстрому выявлению критических пробелов в разведывательной информации. Благодаря непрерывному мониторингу оперативной обстановки ИИ может обнаруживать аномалии, неожиданные изменения или ранее не распознанные закономерности в радиолокационных данных. Эта функция может быть особенно важна для выявления возникающих угроз, таких как внезапное появление враждебных беспилотных летательных аппаратов или морских судов. Способность ИИ распознавать такие аномалии позволяет военному командованию оперативно и решительно реагировать на непредвиденные вызовы.

ИИ также играет ключевую роль в оценке угроз и определении их приоритетности. Оценивая потенциальное воздействие и срочность различных угроз, радиолокационные системы, управляемые ИИ, могут давать рекомендации военному командованию по распределению ресурсов и стратегии реагирования. Такая возможность позволяет оптимизировать использование военных

средств и персонала, обеспечивая более эффективное и результативное реагирование на возникающие ситуации.

Снижение рабочей нагрузки на человека и уменьшение ошибок

Снижение нагрузки на человека и уменьшение количества ошибок при использовании ИИ для радиолокационной разведки выходит за рамки непосредственных оперативных преимуществ. Оно оказывает глубокое влияние на самочувствие и работоспособность военнослужащих. В условиях высокого стресса, например в бою, когнитивная нагрузка на операторов РЛС может быть чрезмерной. Помощь ИИ в фильтрации и определении приоритетов данных позволяет снизить эту нагрузку, уменьшить утомляемость операторов и повысить их общую эффективность и способность принимать решения. Это не только повышает успешность выполнения задач, но и способствует улучшению физического и психического здоровья военнослужащих.

Помимо этого, ИИ помогает преодолеть разрыв в подготовке и опыте персонала. Квалифицированные операторы РЛС — ценный, но ограниченный ресурс. Однако радиолокационные системы, управляемые искусственным интеллектом, могут обеспечивать стабильную работу на высоком уровне независимо от уровня подготовки оператора. Это означает, что менее опытные операторы могут быстро стать эффективными участниками миссии, что снижает необходимость в длительном обучении и повышает оперативную готовность.

Дополнительно использование ИИ для снижения нагрузки на человека и уменьшения количества ошибок распространяется на техническое обслуживание и мониторинг состояния систем. Алгоритмы искусственного интеллекта могут анализировать данные о работе системы и предсказывать потенциальные проблемы, обеспечивая упреждающее обслуживание и сокращая время простоя системы. Это не только способствует снижению затрат, но и обеспечивает сохранение работоспособности и надежности радиолокационных систем, что является важнейшим аспектом готовности вооруженных сил.

В итоге интеграция искусственного интеллекта в систему радиолокационной разведки дает многосторонние преимущества, включая динамическое распознавание целей, слияние нескольких датчиков, предиктивную аналитику, обнаружение аномалий и снижение рабочей нагрузки. Эти преимущества способствуют расширению военных возможностей и повышению общей эффективности военной науки. По мере дальнейшего развития технологий роль ИИ в радиолокационной разведке, вероятно, будет еще более возрастать, определяя будущее военных операций и национальной безопасности.

ИИ в управлении ресурсами радиолокационной станции

В то время как большое внимание уделяется роли ИИ в анализе данных и идентификации целей, нельзя не отметить его влияние на управление ресурсами в радио-

локационной разведке. Эффективное управление ресурсами РЛС имеет решающее значение в военном деле для оптимизации зоны покрытия, снижения задержки обнаружения и обеспечения эффективного использования радиолокационных систем. Алгоритмы ИИ, особенно в контексте планирования и распределения ресурсов РЛС, играют важную роль в достижении этих целей.

Системы управления ресурсами РЛС с использованием ИИ учитывают различные факторы, такие как приоритеты задач, возможности датчиков, условия окружающей среды, наличие помех или средств радиоэлектронного противодействия. Благодаря обработке данных в реальном времени и предиктивной аналитике ИИ может адаптировать конфигурацию радара «на лету», обеспечивая выделение ресурсов для зон интереса или потенциальных угроз. Такое динамическое управление ресурсами не только повышает эффективность радиолокационных систем, но и снижает риск использования противником предсказуемых моделей работы радаров.

Далее, управление ресурсами на основе ИИ позволяет адаптивно управлять мощностью в радиолокационных системах. Оптимизируя мощность, выделяемую каждому радиолокационному блоку и лучу, ИИ позволяет повысить отказоустойчивость системы, усложняя задачу обнаружения и локализации радиолокационных излучений противником. Это не только повышает оперативную безопасность, но и увеличивает срок службы радиолокационных систем в условиях повышенной опасности.

Этические и правовые аспекты

Интеграция искусственного интеллекта в радиолокационную разведку не лишена этических и правовых последствий. Использование ИИ для обнаружения целей, классификации и принятия решений в военных операциях ставит вопросы об ответственности, прозрачности и возможности непредвиденных последствий. Поскольку системы ИИ становятся все более автономными и способны принимать решения в режиме реального времени, крайне важно обеспечить соблюдение этических норм и правовых рамок.

Одна из этических проблем связана с возможностью принятия ИИ решений, связанных с жизнью и смертью, в боевых ситуациях. Передача важнейших решений системам искусственного интеллекта ставит вопросы об ответственности и подотчетности человека. Эти проблемы требуют разработки четких руководящих принципов и механизмов надзора, регулирующих использование ИИ в военных операциях.

Еще одним важным моментом является прозрачность. Важно, чтобы процессы принятия решений системами ИИ, используемыми в радиолокационной разведке, были объяснимы и понятны операторам-людям. Это не только повышает доверие к технологии, но и обеспечивает возможность вмешательства операторов-людей в случае необходимости.

Применение ИИ в военных операциях может привести к размыванию границ между комбатантами и некомба-

тантами, что создает проблемы с точки зрения международного гуманитарного права. Необходимо, чтобы страны вели диалог и заключали соглашения, проясняющие этические границы и юридическую ответственность при использовании ИИ в военных действиях.

Кибербезопасность и искусственный интеллект в радиолокационной разведке

По мере интеграции искусственного интеллекта в радиолокационную разведку возникает новая проблема — последствия для кибербезопасности радиолокационных систем, управляемых искусственным интеллектом. Несмотря на то, что искусственный интеллект обеспечивает многочисленные преимущества с точки зрения обнаружения угроз и эффективности работы, он также создает уязвимости, которые необходимо тщательно контролировать для обеспечения безопасности и целостности радиолокационных систем.

Радиолокационные системы с искусственным интеллектом основаны на сложных алгоритмах и сетях взаимосвязанных устройств, которые подвержены кибератакам. Потенциальные угрозы включают в себя атаки противника, направленные на манипулирование данными радара или алгоритмами ИИ, а также попытки нарушить связь и работу радиолокационных систем. Поэтому для защиты этих важнейших военных объектов необходимо применять надежные меры кибербезопасности.

Вопросы кибербезопасности распространяются также на защиту данных и конфиденциальность. В ходе радиолокационной разведки генерируется большое количество конфиденциальной информации, включая геопространственные данные и разведывательные сводки. Для предотвращения несанкционированного доступа к этим данным радиолокационные системы с искусственным интеллектом должны быть зашифрованы и защищены. Кроме того, первостепенное значение имеет соблюдение правил защиты информации и международных законов, касающихся сбора и обмена военными данными.

К тому же одной из новых проблем является уязвимость ИИ к атакам противника. Модели ИИ, используемые в радиолокационной разведке, могут быть подвергнуты манипуляциям с помощью тщательно продуманных входных данных, вводящих систему в заблуждение. Такие атаки могут приводить к ложным положительным или отрицательным результатам, подрывая надежность радиолокационных систем с ИИ. Для обеспечения точности и достоверности радиолокационных данных крайне важно разработать механизмы защиты от атак противника, такие как надежные процессы обучения и проверки моделей.

В итоге слияние ИИ и радиолокационной разведки порождает новый набор проблем в области кибербезопасности, которые необходимо решать для сохранения конфиденциальности, целостности и доступности критически важных военных данных и операций. Бдительность в обеспечении безопасности радиолокационных систем, управляемых ИИ, в сочетании с разработкой устойчивых

алгоритмов будет иметь большое значение для обеспечения постоянной эффективности и надежности этих жизненно важных активов в области военной науки.

Заключение

В заключение следует отметить, что применение искусственного интеллекта в радиолокационной разведке представляет собой поворотную трансформацию в области военной науки. Вклад искусственного интеллекта многогранен: он позволяет улучшить обнаружение и классификацию целей, повысить уровень ситуационной осведомленности и снизить когнитивную нагрузку на человека-оператора. Такое динамичное взаимодействие ИИ и радиолокационных технологий предоставляет военному командованию беспрецедентные возможности для принятия обоснованных решений, повышая его способ-

ность эффективно реагировать на развивающиеся угрозы и меняющиеся оперативные ландшафты.

По мере развития технологий ИИ ожидается, что их применение в радиолокационной разведке будет становиться все более совершенным. Постоянное развитие радиолокационных систем, управляемых ИИ, будет играть важную роль в повышении готовности вооруженных сил, эффективности оперативной деятельности и обеспечении национальной безопасности. Взаимодействие человеческого опыта и автоматизации на основе ИИ способно определить будущее военной науки и обеспечить более точное и эффективное решение сложных задач современной войны. Эволюция ИИ в радиолокационной разведке подчеркивает его важнейшую роль в обеспечении безопасности государств в постоянно меняющемся мире.

Литература:

1. Хсиех, Дж. и Джайн, Л.К. (2019). Распознавание радиолокационных целей с помощью конволюционных нейронных сетей. Труды IEEE по аэрокосмическим и электронным системам, 55(1), 133–149.
2. Хаддад, Б. (2018). Достижения в области классификации радиолокационных целей.
3. Ху, Х., и Ли, К. (2020). Распознавание целей на радиолокационных изображениях на основе глубокого обучения. In 2020 10th International Conference on Electronics Information and Emergency Communication с. 177–180.
4. Пасхалидис, И. К., и Чжао, Й. (2019). Глубокое обучение для радиолокационного зондирования и локализации, 107(2), 314–332.
5. Роби, Д. (2017). Искусственный интеллект в военных операциях. Оборонное издание «Defense One».

Эволюция микроволновой связи — выход за пределы 100 ГГц

Луговской Евгений Сергеевич, студент магистратуры

Научный руководитель: Корнеев Валерий Александрович, кандидат технических наук, доцент
Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина

В статье автор рассматривает эволюцию микроволновой связи — работу над долгосрочным использованием частот за пределами 100 ГГц, нацеленную на поддержку развития 5G к 2030 году.

Ключевые слова: пропускная способность, радиочастотный спектр, радиорелейная связь, антенна, полупроводниковые технологии.

Постоянное стремление повысить уровень производительности приводит к необходимости увеличения спектра и более эффективного его использования — не только для радиодоступа, но и для транзитной связи. Постоянно расширяя технологические границы, за последние несколько десятилетий стали использоваться все более высокие частоты — тенденция, которая сохранится и в будущем.

Радиочастотный спектр, являющийся ограниченным природным ресурсом, регулируется национальными, региональными и международными нормами, обеспечивающими максимальную социальную и экономическую выгоду. Спектр разделен на полосы частот, которые выделены различным видам радиослужб, таким как связь, радиовещание и радиолокация, а также для научного использования [1].

К 2025 году 80 процентов станций сотовой связи в мире (за исключением станций в Северо-Восточной Азии) будут подключены с использованием технологии микроволновой связи [2]. Быстро растущие требования к пропускной способности, создадут необходимость значительного улучшения производительности, что станет возможным благодаря развитию технологий и более эффективному использованию существующего спектра [2, 3, 4].

Отрасль микроволновой связи начала подготовку к следующему крупному скачку в технологиях и производительности, чтобы удовлетворить ожидаемые потребности рынка в объемах на период с 2025 по 2030 год. Чтобы совершить такой скачок, требуются многие годы исследований и разработок, а также большая работа по

регулированию спектра, а также опыт нескольких поколений технологий и продуктов для доведения производительности до крупномасштабного использования. Цель состоит в том, чтобы открыть спектр частот за пределами 100 ГГц для пропускной способности до 100 Гбит/с для поддержки различных приложений и сценариев использования с расстояниями скачков до нескольких кило-

метров. В долгосрочной перспективе ожидается, что она послужит высокопроизводительным дополнением к использованию других диапазонов частот [2], особенно в городских и пригородных районах, как показано на рисунке 1. Меньший физический размер антенны на этих более высоких частотах будет иметь особое преимущество в этих местах.

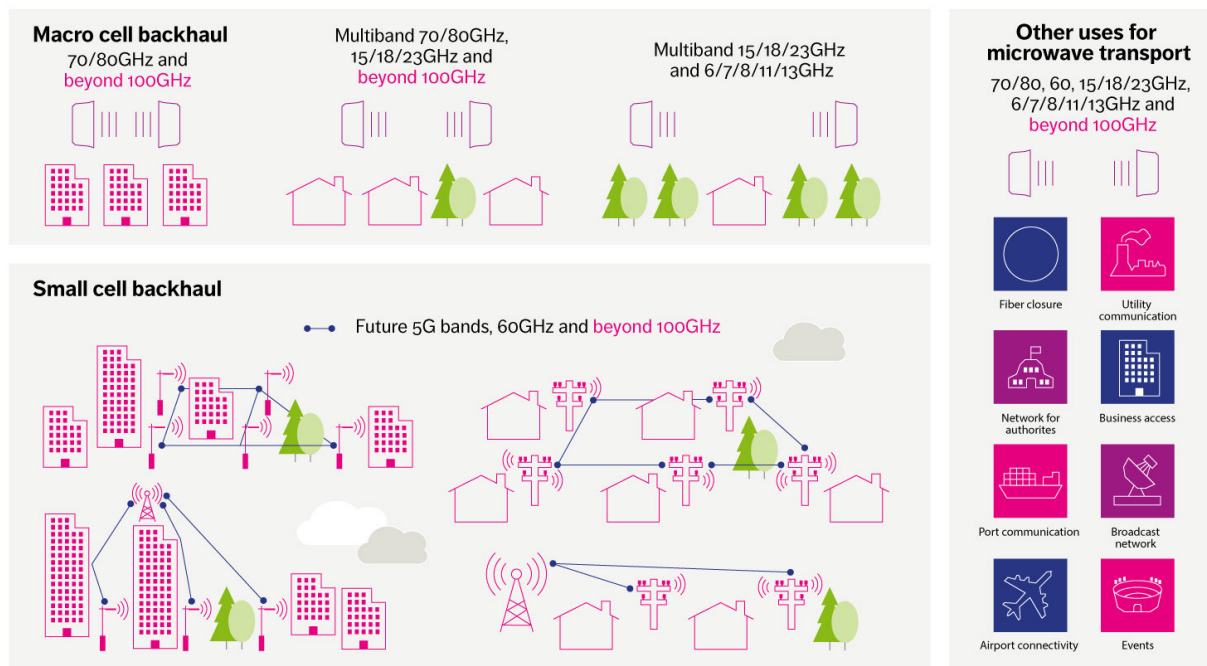


Рис. 1. Будущее использование спектра для радиорелейной связи, включая решения за пределами 100 ГГц

Более высокие частоты более ограничены с точки зрения охвата и охвата, но они, как правило, могут обеспечить более широкие полосы частот и, как таковые, имеют более высокую пропускную способность. В связи с растущими потребностями с середины прошлого века стали использоваться все более высокие частоты, когда использование частот всего в несколько ГГц было нормой для сетей микроволновой передачи. В настоящее время диапазон 70/80 ГГц — 71–76 ГГц в сочетании с 81–86 ГГц быстро набирает популярность, поскольку обеспечивает пропускную способность в диапазоне 1–20 Гбит/с на расстоянии нескольких километров [2, 3]. Прошло около 15 лет с момента первых попыток в этом диапазоне, чтобы его широкомасштабное использование начало набирать обороты. В настоящее время предпринимаются аналогичные усилия, позволяющие использовать частоты выше 100 ГГц [5, 6] для пропускной способности в диапазоне 5–100 Гбит/с на расстояниях, сравнимых с сегодняшними 70/80 ГГц.

Микроволновая связь за пределами 100 ГГц

Системы микроволновой связи или системы фиксированной связи (как они известны в терминологии ITU-R) обычно используются во множестве диапазонов частот от 6 до 86 ГГц. Диапазон частотных диапазонов необходим для обеспечения транзитной связи в различных типах

мест — от малонаселенных сельских районов до сверхплотной городской среды, с расстоянием пролета от 100 м до 100 км и более. Использование полос частот регулируется нормативными рекомендациями по планированию каналов [7]. За пределами 100 ГГц спектр был выделен для систем фиксированной службы до 275 ГГц [1], но никаких договоренностей по каналам не было. Однако в Европе продолжают нормативные исследования по расположению каналов [5] с упором на диапазоны 92–114,25 ГГц и 130–174,8 ГГц, обычно называемые диапазонами W и D соответственно.

Спектр выше 100 ГГц состоит из множества поддиапазонов разных размеров с распределением пассивных служб между ними, как показано на рисунке 2. Причина, по которой не доступен еще более широкий непрерывный спектр, заключается в предотвращении помех пассивным службам радиосвязи, таким как Спутниковая служба исследования Земли и радиоастрономическая служба.

Существует некоторый интерес к использованию частот за пределами диапазона D для систем фиксированной службы в еще более долгосрочной перспективе. Для пассивных услуг выделено несколько полос частот в диапазоне 275–1000 ГГц, но это не исключает их использования для активных услуг [1]. Следует отметить, что диапазон

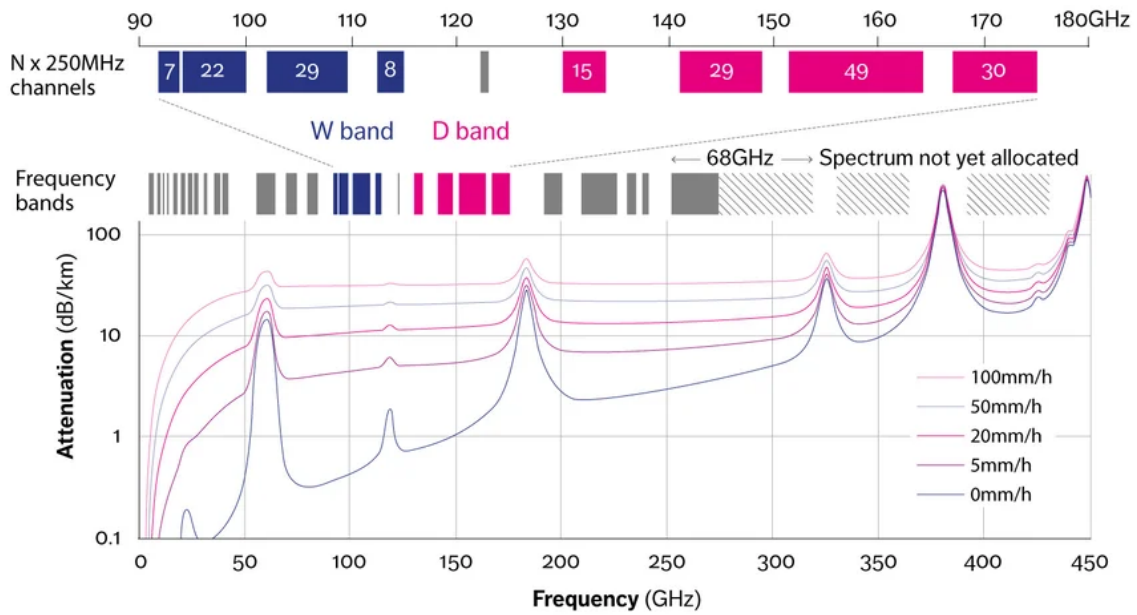


Рис. 2. Полосы частот и атмосферное затухание за пределами 100 ГГц

частот 252–275 ГГц уже выделен фиксированным службам. Если к этому добавить диапазон 275–320 ГГц, получится непрерывный широкий диапазон 68 ГГц с умеренным атмосферным поглощением, как показано на рисунке 2.

Затухание из-за атмосферных газов и дождя [8] увеличивается с частотой, а также имеется несколько пиков поглощения, как показано на рисунке 2. Однако между пиками затухание увеличивается довольно медленно за пределами 70 ГГц. Например, он увеличивается примерно на 2 дБ/км от 70 ГГц до диапазона D и примерно на 4 дБ/км от 70 ГГц до 275 ГГц. Потери на трассе в свободном пространстве [8] также увеличиваются с частотой: например, примерно на 6 дБ от 70 ГГц до диапазона D и примерно на 11 дБ от 70 ГГц до 275 ГГц. Таким образом, условия распространения за пределами 100 ГГц лишь немного хуже.

Важно, чтобы регулирование спектра за пределами 100 ГГц позволяло внедрять новые и будущие инновации, которые могут поддерживать пропускную способность на пути к 100 Гбит/с. Они должны охватывать традиционные конфигурации каналов, такие как частотное разделение каналов (FDD — Frequency Division Duplex), а также дополнительные будущие инновации, которые могут лучше обрабатывать асимметричные и частично непарные поддиапазоны, как показано на рисунке 3.

Как и оптоволоконные транспортные сети, микроволновая транспортная связь исторически проектировалась как симметричная. В большинстве случаев полосы частот делятся симметрично на высокие и низкие поддиапазоны, используемые с частотным разделением каналов. Технология MIMO (multiple-input, multiple-output) с несколькими входами и несколькими выходами в прямой видимости (LOS — line-of-sight), используемая для повы-

шения пропускной способности и спектральной эффективности, представляет собой инновацию, которая первоначально вызвала интерес [4, 9], но в последнее время ослабла из-за более привлекательных многодиапазонных решений. Однако небольшое пространственное разнесение антенн, необходимое для LOS MIMO в диапазоне D, делает его интересным на пути к пропускной способности 100 Гбит/с. Многодиапазонные решения, которые обеспечивают повышенную скорость передачи данных за счет объединения ресурсов в нескольких диапазонах частот, составляют важную часть современного радиодоступа. Таким образом, в последнее время они также стали предметом большого интереса в области микроволновой транспортной связи [3], поскольку сделали возможным использование более высоких частот, таких как 70/80 ГГц, на гораздо больших расстояниях. Многодиапазонность также является очень привлекательным вариантом за пределами 100 ГГц.

Сегодня при временном разделении каналов (TDD — Time Division Duplex) используется ограниченный спектр с непарными или асимметричными поддиапазонами. FDD с асимметричными каналами был изучен, но признан слишком сложным и ограниченным в существующих симметричных диапазонах [10]. Асимметричные многодиапазонные решения могут представлять интерес в непарном спектре, скорее, как дополнительный нисходящий канал для радиодоступа. В гибких конфигурациях FDD для изоляции используются отдельные передающие и приемные антенны вместо дуплексных фильтров [5, 6]. Это не увеличивает эффективность использования спектра, но может обеспечить более высокую производительность, чем та, которую обеспечивает TDD в непарном спектре.

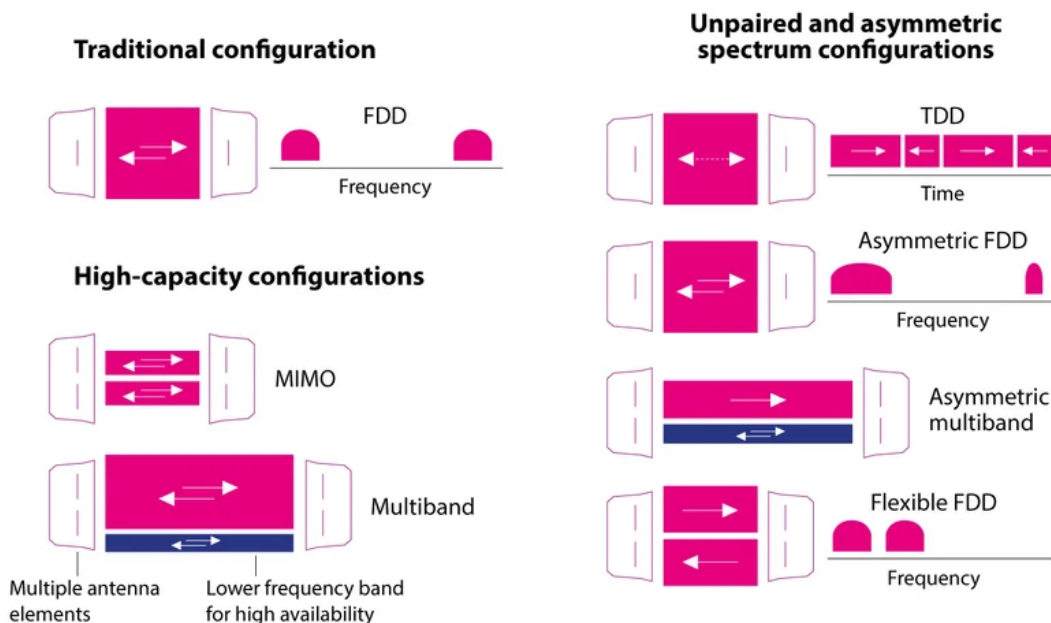


Рис. 3. Примеры потенциальных конфигураций за пределами 100 ГГц для поддержки высокой пропускной способности и облегчения использования непарного и асимметричного спектра

Путь к транспортным решениям 100 Гбит/с

За последние десятилетия технология микроволновой транспортной связи претерпела огромные изменения, неоднократно превышая пределы пропускной способности и достигая уровня производительности, который считался возможным только для оптоволоконных решений. Коммерческое оборудование 70/80 ГГц, которое в настоящее время представлено, поддерживает 10 Гбит/с в каналах 2 ГГц (8 x 250 МГц), и разумно ожидать в будущем решений со скоростью 20 Гбит/с. Повышению пропускной способности способствуют более широкие каналы, но национальные администрации спектра обычно ограничивают максимально разрешенный размер канала, чтобы обеспечить справедливое разделение между различными пользователями. Максимальный размер канала обычно ограничивается примерно 10 процентами от общей полосы. Для более высокочастотного спектра, с большей возможностью повторного использования частот, могут быть разрешены каналы, занимающие примерно до 20 процентов общей полосы частот.

Реальные решения на пути к 100 Гбит/с в различных диапазонах частот показаны на рисунке 4. В диапазоне D можно получить еще более широкие каналы примерно до 5 ГГц (20 x 250 МГц), что позволит создавать решения, поддерживающие скорости 20 Гбит/с, 40 Гбит/с и даже до 100 Гбит/с в диапазоне D. в долгосрочной перспективе, как показано ромбами на рисунке 4. Однако на этом пути существует множество технологических проблем, таких как шум передатчика, искажение сигнала и другие нарушения, которые могут

ограничить максимальный порядок модуляции для чрезвычайно широких каналов. Более высокие емкости и более широкая полоса пропускания каналов также предъявляют более высокие требования к преобразователям цифровых данных. Более продвинутые решения, использующие двойную поляризацию — и даже LOS MIMO — повысят пропускную способность, но также увеличивают стоимость.

Использование решений LOS MIMO за пределами несущих частот 100 ГГц привлекательно из-за уменьшения необходимого расстояния между антенными элементами по мере увеличения частоты. Оптимальное разнесение антенн d_{opt} в вертикальном и горизонтальном направлениях можно записать как [11]:

$$f_{opt} = \sqrt{\frac{cD}{fN}}$$

где f — частота, c — скорость света, N — количество антенных элементов в вертикальном или горизонтальном направлении, а D — длина скачка. Возможен отрыв 70–80 процентов от оптимального значения при лишь ограниченном снижении коэффициента усиления системы [9]. Например, на частоте 155 ГГц расстояние между антеннами составит 0,4 м для расстояния 300 м и 0,8 м для 1 км. Существуют технологические проблемы (например, обработка сигналов), связанные с разработкой LOS MIMO в диапазоне D, но в долгосрочной перспективе ожидается, что это позволит сделать последний шаг к пропускной способности 100 Гбит/с и даже выше, как показано на рисунке 4.

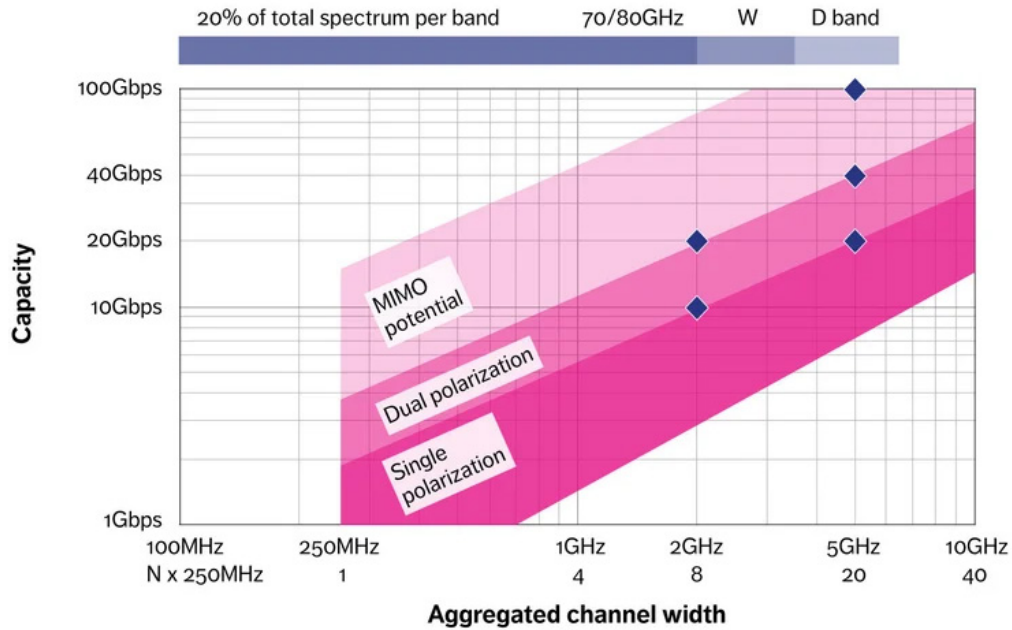


Рис. 4. Реальная пропускная способность в сравнении с полосой пропускания канала с одинарной поляризацией, двойной поляризацией и MIMO

Длина скачка за пределами 100 ГГц

При оценке способности микроволновой транспортной связи обеспечивать высокопроизводительную транспортировку на расстояние следует учитывать три параметра:

- 1) общий коэффициент усиления системы — передаваемая мощность плюс коэффициент усиления антенны минус требуемая мощность принимаемого сигнала.
- 2) целевая доступность — совокупное время, в течение которого выбранная емкость должна поддерживаться на промежуточном участке, которое обычно выражается в процентах времени в год, где 99,99–99,999 процентов являются обычными целевыми показателями для телекоммуникационного уровня.
- 3) местный климат — планирование прыжка выполняется с помощью методов прогнозирования распространения с использованием статистических данных о долгосрочных дождях и многолучевости для местоположения прыжка.

Максимальная длина скачка в зависимости от общего усиления системы для различных уровней доступности и местных климатических условий на частоте 155 ГГц показана на рисунке 5. Он иллюстрирует общий коэффициент усиления системы для двух примеров оборудования: один с антеннами 50 дБи, что является общим рекомендуемым максимальным усилением антенны в практическое развертывание микроволновой печи; и один с 35 дБи, что является рекомендуемым максимальным усилением антенны для объектов с раскачиванием мачт, таких как станции транзитной связи небольших сот, установленные на опорах освещения.

Каждый из примеров предназначен для конфигураций, поддерживающих примеры от 10 до 100 Гбит/с на рис. 4, которые имеют одинаковый системный выигрыш. По мере развития технологии диапазона D ожидается, что передаваемая мощность и чувствительность приемника будут того же порядка, что и для современного оборудования 70/80 ГГц, даже если ранние реализации могут иметь гораздо меньший коэффициент усиления системы, как показано на рисунке 5.

Скорость дождя 20, 50 и 100 мм/ч, превышаемая в течение 0,01 процента времени в году, репрезентативна для мягких, умеренных и суровых местных климатических условий. Коэффициенты доступности 99,9 процента и 99,995 процента на рисунке 5 соответствуют потерям при распространении, которые превышают общий выигрыш системы примерно на 9 часов в год и 26 минут в год. При использовании адаптивной модуляции более низкий уровень модуляции во время сильного дождя увеличивает усиление системы, чтобы избежать ошибок передачи, но приводит к снижению пропускной способности. Например, уменьшение модуляции с 64QAM на BPSK соответствует увеличению усиления системы на 15 дБ, но снижению пропускной способности на 17 процентов. Как показано на рисунке 5, длина скачка в несколько сотен метров достижима для антенн с меньшим коэффициентом усиления. Используя антенны с высоким коэффициентом усиления, можно достичь длины скачка около 1–2 км и даже до 2–4 км для целей с более низкой доступностью, таких как многодиапазонные конфигурации. Таким образом, длина пролета в диапазоне D хорошо подходит для городских и пригородных развертываний.

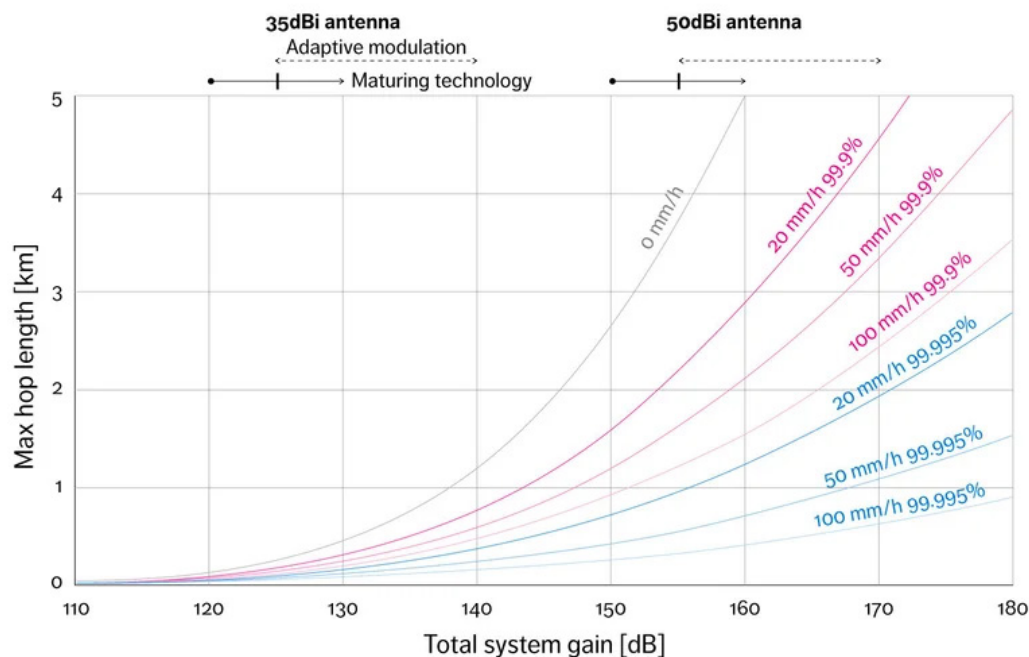


Рис. 5. Максимальная длина скачка в зависимости от общего усиления системы на частоте 155 ГГц для различной интенсивности дождя (более 0,01 процента в году) и для двух разных конфигураций антенн

Полупроводниковые технологии как ключевой фактор развития

Полупроводниковые устройства играют важную роль во всех современных радиотехнологиях. Транзитное микроволновое оборудование исторически использовало схемы на основе арсенида галлия (GaAs). Совсем недавно нитрид галлия (GaN) стал использоваться в коммерческих продуктах из-за его высокого напряжения пробоя, обеспечивающего более высокую мощность передачи. Также существует значительный интерес к кремниевым чипсетам на основе КМОП или SiGe-HBT из-за их более низкой стоимости производства одного чипа в больших объемах и высокой плотности интеграции. Это особенно актуально для развертываний на небольшом расстоянии, где высокая выходная мощность менее важна, например, в диапазоне частот 60 ГГц.

Под влиянием космической, оборонной и фотоиндустрии полупроводниковые технологии, предназначенные для использования на частотах за пределами 100 ГГц, за последние несколько десятилетий претерпели огромную эволюцию [12]. Сегодня существует несколько коммерческих технологий, доступных для приложений с частотой выше 100 ГГц, и еще несколько исследуются на предмет еще большей производительности, как показано на рисунке 6. Тремя основными классами транзисторных технологий являются HBT, HEMT и MOSFET [12], где обычно используется MOSFET, реализован в SOI CMOS для работы на высоких частотах. Ключевым свойством является размер элемента, поскольку транзистор с меньшим размером элемента поддерживает более высокие частоты. Как правило, схемы рассчитаны на работу при частоте ниже

половины f_{MAX} , где f_{MAX} — частота, на которой коэффициент усиления транзистора по мощности равен единице. Можно значительно приблизить рабочую частоту к f_{MAX} , но это приведет к снижению энергоэффективности и увеличению затрат на проектирование. Другими важными свойствами материала являются минимальный коэффициент шума (NF_{min}) и напряжение пробоя (V_{br}), которые определяют чувствительность приемника и максимальную передаваемую мощность соответственно. Правый столбец на рисунке 6 указывает на коммерческую зрелость технологии, где дополнительными аспектами являются стоимость разработки и производства. Генерация фликкер-шума, эффекты памяти и температурное поведение не включены в таблицу, но их также следует учитывать.

Максимальная передаваемая мощность ограничивает усиление системы. Были опубликованы исследования усилителей мощности на основе технологий GaAs, InP и SiGe, обеспечивающих выходную мощность более 10 дБм за пределами 100 ГГц [13–15]. Ожидается, что в будущем GaN продемонстрирует еще более высокую выходную мощность благодаря высокому напряжению пробоя материала. GaAs pHEMT обеспечивает высокое напряжение пробоя и низкий коэффициент шума, а через несколько лет ожидается, что он сможет поддерживать диапазон D. InP поддерживает очень высокие частоты, хотя и требует высоких материальных затрат. Благодаря своим хорошим характеристикам он может быть полезен для исследований и разработок оборудования в диапазоне D. Это также может быть применимо для долгосрочных коммерческих приложений на частоте около 275 ГГц.

Technology	Feature size (nm)	fMAX (GHz)	Vbr (V)	NFmin (dB) at 50GHz**	Production or research?
GaAs pHEMT	100	185	7	0.5	P
GaAs mHEMT	70	450	3	0.5	R*
GaAs mHEMT	35	900	2	1	R
InP HEMT	130	380	1	<1	R
InP HEMT	30	1200	1	<1	R
GaN HEMT	60	250	20	1	R
GaN HEMT	40	400	42	1.2	R
SOI CMOS	45	280	1	2–3	P
SiGe-HBT	130	400	1.4	2	P
InP DHBT	250	650	4	3	R*
InP DHBT	130	1100	3		R

*Ready to be commercialized in 1–2 years

**NFmin is proportional to the frequency.

Рис. 6. Обзор полупроводниковых технологий за пределами 100 ГГц и их ключевые параметры

Кремниевые технологии, такие как SOI CMOS и SiGe-HBT, сегодня осуществимы вплоть до диапазона D, хотя максимальная выходная мощность ограничена из-за низкого напряжения пробоя кремния, а коэффициент шума хуже по сравнению с технологиями GaN и GaAs. Благодаря превосходным свойствам высокой степени интеграции кремниевые технологии перспективны для недорогих приложений ближнего радиуса действия за пределами 100 ГГц.

Предстоит преодолеть множество дополнительных препятствий. Компоновка и межсоединение на частотах выше 100 ГГц представляют собой сложную задачу из-за коротких длин волн. Паразитные эффекты более выражены, а требования к допускам высоки при проектировании, производстве и сборке, особенно при рассмотрении широкой полосы пропускания. Перекрестные помехи и нежелательные резонансы являются дополнительными проблемами, поскольку типичный размер монокристаллической микроволновой интегральной схемы (ММИЦ) имеет порядок длины волны. Это затрудняет использование традиционных межсоединений, таких как соединение проводов и флип-чип, с высокой производительностью.

Исследования в области высокочастотных технологий приобретают глобальный интерес. Одним из примеров являются негальванические межсоединения чип-волновод, которые в настоящее время исследуются в рамках финансируемого Европейским Союзом проекта Horizon 2020 M3TERA, где кремниевые волноводы с низкими потерями изготавливаются с использованием

Метод 3D-микрообработки, позволяющий получить кремниевую платформу со встроенными компонентами

для промышленной сборки. Другим примером является исследовательская программа по заказу Министерства внутренних дел и коммуникаций Японии «Программа исследований и разработок в области технологии многотерагерцовой беспроводной связи на субтерагерцовых частотах», которая исследует источники радиоизлучения за пределами 275 ГГц. Третий пример — исследовательская программа TWEETHER, финансируемая Horizon 2020, которая фокусируется на усилителях высокой мощности с частотой выше 100 ГГц.

Это долгий и извилистый путь от исследований до полноценного коммерческого оборудования, отвечающего нужным характеристикам и стоимости. В конечном итоге этого можно достичь только при наличии конкурентоспособной отраслевой экосистемы, разделяющей общее видение [6].

Заключение

Непрерывное стремление обеспечить более высокую пропускную способность данных привело к использованию все более высоких частот там, где обычно доступен больший спектр. Огромный рост использования диапазона 70/80 ГГц, который мы видим сегодня, стал возможен благодаря нескольким годам исследований и разработок и большой работе по регулированию спектра, а также опыту, полученному от нескольких поколений технологий и продуктов. Аналогичные усилия в настоящее время предпринимаются на пути к микроволновой транспортной связи за пределами 100 ГГц, чему способствует быстрое развитие высокочастотных полупроводниковых технологий и многообещающие новые устройства. В свете этого мы ожидаем увидеть крупномасштабное развертывание решений с частотой более

100 ГГц в 2025–2030 годах. Диапазоны W и D, несомненно, смогут поддерживать пропускную способность в диапазоне от 5 до 100 Гбит/с на расстояниях до нескольких километров.

Литература:

1. ITU, 2016, Radio Regulations, part 1 chapter II article 5 (Frequency allocations) and part 3 resolution 767 (Studies towards an identification for use by administrations for land-mobile and fixed services applications operating in the frequency range 275–450GHz), available at: <https://www.itu.int/pub/R-REG-RR-2016>
2. Ericsson, October 2016, Ericsson Microwave Outlook report 2016, available at: <https://www.ericsson.com/assets/local/microwave-outlook/documents/ericsson-microwave-outlook-report-2016.pdf>
3. Ericsson Technology Review, January 2016, Microwave backhaul gets a boost with multiband
4. CEPT ECC WG SE19, Work items SE19_37 and SE19_38, more information can be found at: <http://eccwp.cept.org/default.aspx?groupid=45>
5. ETSI mWT ISG, Work item DGS/mWT-008, more information can be found at: https://portal.etsi.org/webapp/WorkProgram/Report_WorkItem.asp?WKI_ID=47907
6. ITU-R, 2012, Recommendation F.746, Radio-frequency arrangements for fixed service systems, available at: <https://www.itu.int/rec/R-REC-F.746/en>
7. ITU-R, 2015, Recommendation P.530, Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems, available at: <https://www.itu.int/rec/R-EC-P.530/en>
8. ECC Report 258, 2017, Guidelines on how to plan LOS MIMO for Point-to-Point Fixed Service Links, available at: <http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/ECCREP258.PDF>
9. ECC Report 211, 2014, Technical assessment of the possible use of asymmetrical point-to-point links, available at: <http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/ECCREP211.PDF>
10. 2005 IEEE 61st Vehicular Technology Conference, Vol. 1, 2005, Lattice array receiver and sender for spatially orthonormal MIMO communication, available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1543276/>
11. IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, vol. 1, no. 1, September 2011, An overview of solid-state integrated circuit amplifiers in the submillimeter-wave and THz regime, available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6005342/>
12. 2014 IEEE Radio Frequency Integrated Circuits Symposium, Tampa, FL, 2014, A 112–134GHz SiGe amplifier with peak output power of 120mW, available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6851686/>
13. 11th European Microwave Integrated Circuits Conference (EuMIC), London, 2016, 150GHz GaAs amplifiers in a commercial 0.1- μm GaAs PHEMT process, available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7777493/>
14. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 64, no.4, April 2016, A D-Band 48Gbit/s 64QAM/QPSK Direct-Conversion I/Q Transceiver Chipset, available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7433461/>
15. Proceedings of the Fourth European Conference on Antennas and Propagation, Barcelona, 2010, Long term path attenuation measurement of the 71–76GHz band in a 70/80GHz microwave link, available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5505467/>

Продвинутая сеть 5G — эволюция в сторону сети 6G

Луговской Евгений Сергеевич, студент магистратуры
 Научный руководитель: Корнеев Валерий Александрович, кандидат технических наук, доцент
 Рязанский государственный радиотехнический университет имени В. Ф. Уткина

В статье автор представлен обзор сети 5G, чтобы показать основные преимущества ее технологических компонентов с точки зрения производительности и возможностей сети. Предоставляются рекомендации о том, какие функции ожидаются в версиях 5G-Advanced в выпусках 18 и 19, а также объясняется, как 5G-Advanced обеспечивает переход к 6G.

Ключевые слова: 5G, 6G, энергетический спектр, энергоэффективность, искусственный интеллект, машинное обучение.

Введение

Выпуск 18 3GPP (Third Generation Partnership Project — консорциум, разрабатывающий спецификации для мобильной телефонии) знаменует собой начало сети 5G. 5G-Advanced (продвинутая система сети 5G) основывается на базовой версии сети 5G, определенной 3GPP в выпусках 15, 16 и 17. Дальнейшее усовершенствование системы 5G-Advanced ожидается в предстоящей версии 19, которая начнется в 2024 году.

Первоначальные знания были получены на основе коммерческих сетей 5G, которые были развернуты во многих частях мира. В дополнение к этому, необходимость непрерывного развития сетей 5G путем поддержки новых сегментов рынка и вариантов использования побудила 3GPP начать стандартизацию, связанную с системами 5G-Advanced.

5G-Advanced также обеспечивает переход в областях, которые будут иметь важное значение для будущих систем 6G.

В этой статье представлен обзор 5G-Advanced с особым акцентом на его наиболее важные компоненты. В дополнение к будущему направлению 3GPP к 6G обсуждаются основные технологические компоненты и варианты их использования.

После первоначальных исследований стандартизация новой системы 6G может официально начаться с версии 21. На рисунке 1 представлен график 3GPP 5G-Advanced и 6G, указывающий на завершение первой версии 5G Advanced в начале 2024 года и завершение первой (базовой версии) 3GPP. Падение 6G в 2028 году, за которым последует эволюция 6G.

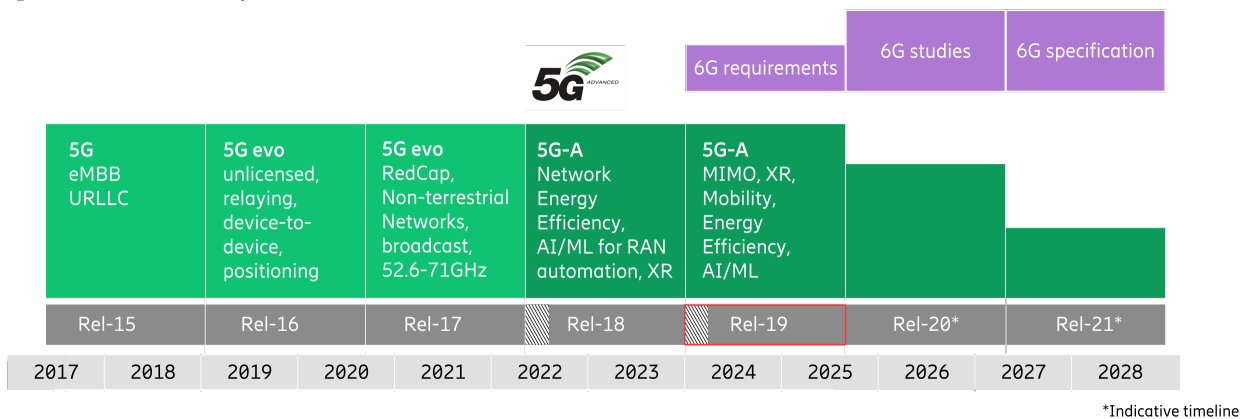


Рис. 1. Развитие 5G-Advanced и 6G 3GPP (даты после 2023 года являются ориентировочными)

Эволюция технологии 3GPP

С момента своего появления в версии 15 3GPP технология 5G ориентирована на три основных семейства сценариев использования, а именно расширенную мобильную широкополосную связь (eMBB), концепцию подключения всех вещей в мире к интернету (IoT) и массовую концепцию подключения всех вещей в мире к интернету (massive IoT). Необходимость повышения энергоэффективности сети для уменьшения углеродного следа систем 5G (5GS) имеет жизненно важное значение.

Теперь новые варианты использования, такие как расширенная реальность (XR — eXtended Reality), и опыт существующих коммерческих развертываний 5G требуют

дальнейшей оптимизации системы 5G. В выпуске 19 эта эволюция продолжается.

5G NR учитывает сценарии использования eMBB, поддерживая различные дуплексные схемы, диапазоны частот, MIMO (Multiple Input Multiple Output) и операции с несколькими несущими. В 5G Advanced производительность eMBB будет еще больше улучшена. Усовершенствования динамического распределения спектра NR (New Radio) и LTE (Long-Term Evolution), появившиеся в версии 18, способствуют более плавному и эффективному переходу с LTE на NR. Благодаря усовершенствованиям MIMO емкость и производительность мобильных устройств улучшаются. Ожидается, что в выпуске 19 в центре вни-

мания будут массивные антенны для дальнейшего улучшения производительности.

Critical IoT (cIoT) относится к случаям использования со строгими требованиями к задержке и надежности. Некоторые из наиболее известных приложений относятся к автоматизации производства и автомобильной промышленности. 5G с самого начала обращался к cIoT, вводя поддержку сверхнадежной связи с малой задержкой (URLLC). В версиях 16/17 добавлена поддержка чувствительных к времени сетей (TSN), а в версии 18 добавлена поддержка детерминированных сетей (DetNet) для обеспечения промышленного Интернета. Выпуск 18 также ориентирован на улучшение поддержки приложений XR, которым требуется сложное сочетание высоких скоростей передачи данных и ограниченной задержки. Ожидается, что значение XR возрастет в версии 19 и последующих версиях.

Поддержка 5G для сценариев massive IoT (mIoT) и устройств низкой сложности была унаследована от 4G в форме LTE-MTC и NB-IoT. Эти треки были созданы в версии 13 и с тех пор развивались. Первые оптимизации на основе NR для устройств меньшей сложности были представлены в версии 17 путем стандартизации поддержки UE NR с ограниченными возможностями (RedCap). RedCap значительно упрощает устройство по сравнению с обычными модемами NR. Тем не менее, устройства RedCap обеспечивают пиковую скорость передачи данных, сравнимую с той, которую предлагают устройства LTE категорий 1–4.

5G расширяет свою поддержку также в области позиционирования, критически важной связи, связи «воздух-земля» и железнодорожной связи. В версии 18 представлена расширенная поддержка 5G для дронов. Железные дороги, критически важные объекты и коммунальные службы поддерживаются системой NR, которая может работать в выделенных диапазонах с полосой пропускания менее 5 МГц.

Некоторые функции NR полезны в разных областях и не связаны только с конкретным вариантом использования. Например, экономичная конструкция NR обеспечивает эффективное использование энергии как на стороне сети, так и на стороне устройства. В то время как экономия энергии UE была увеличена в версиях 5G 16 и 17, в 5G-Advanced основное внимание уделяется дальней-

шему энергосбережению сети. Одним из инструментов, который рассматривается в выпуске 18 для повышения энергоэффективности сети, является AI/ML (Artificial Intelligence/Machine Learning).

Гибкость развертывания 5GS и улучшения архитектуры в 5G-Advanced включают, например, улучшения для частных сетей, не наземных сетей (NTN), служб определения местоположения, периферийных вычислений. Кроме того, сервисная архитектура была расширена на услуги телефонии IP-мультимедийной подсистемы (IMS — IP multimedia subsystem). IMS теперь может использовать сервисные интерфейсы для функции управления политикой (PCF — policy control function), домашнего абонентского сервера (HSS — home subscriber server) и от сервера приложений IMS к сетевым функциям, связанным с каналом передачи данных (NFs — network functions).

5GS имеет встроенные функции управления, например, позволяющие виртуально разбивать систему на различные сегменты или собирать различные типы измерений для самооптимизации, которая будет развиваться в 5G-Advanced.

Основы 5G-Advanced

5G-Advanced повысит производительность сети и добавит поддержку новых приложений и вариантов использования. В данной статье основное внимание уделяется следующим четырем важным функциональным областям, в которых 5G-Advanced, как ожидается, принесет значительные улучшения:

- 1) производительность 5G;
- 2) поддержка новых сегментов рынка;
- 3) устойчивые сети;
- 4) интеллектуальная автоматизация сети.

Производительность 5G

1. MIMO

Поддержка передовых антенных систем и MIMO является частью ДНК 5G. В версии 18 пропускная способность MIMO увеличена как в восходящей, так и в нисходящей линии связи благодаря поддержке улучшенных опорных символов демодуляции. Чтобы улучшить поддержку высоких скоростей передачи данных для мобильных пользователей, структура формирования диаграммы направленности MIMO улучшена, чтобы обеспечить переключение между различными методами формирования диаграммы направленности в зависимости от скорости пользователя.

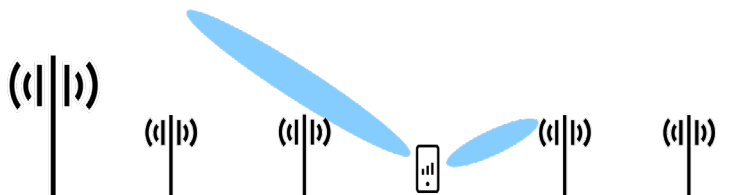


Рис. 2: Передача и прием с использованием нескольких антенн

Чтобы поддержать последние тенденции к тому, что массивные антенны становятся еще более массивными, в версии 19 необходимо расширение поддерживаемого

количества антенных портов для обслуживания большего количества излучающих элементов. Связанные с MIMO улучшения покрытия UL и пропускной способ-

ности будут важны как для мобильной широкополосной связи, так и для фиксированного беспроводного доступа (FWA — fixed wireless access). Выпуск 19 также должен содержать усовершенствования, которые позволяют осуществлять реализуемые и экономически эффективные когерентные совместные передачи через множество точек передачи и приема (MTrP) в большем масштабе (с целью создания действительно распределенной системы MIMO). Чтобы улучшить текущие процедуры грубой адаптации канала (LA — link adaptation), необходимы улучшения отчетности о качестве канала для более точного LA. На основе взаимности для массового MIMO уровень шума и помех должен быть предсказан, что приводит к неточному LA и неэффективной работе MIMO. Таким образом, улучшения, должны быть указаны в выпуске 19.

2. Мобильность

Мобильность, как и MIMO, является ключевым компонентом 5G. Было замечено, что в 5G-Advanced есть возможности для улучшения непрерывности обслуживания для мобильных пользователей. Новая процедура переключения мобильности, запускаемая на уровне L1/L2 (LTM), сократит время прерывания переключения.

Как упоминалось ранее, 5G-Advanced исследует искусственный интеллект и машинное обучение как инструмент повышения мобильности. Области интереса являются, например, использование AI/ML для прогнозирования луча или прогнозирования мобильности устройства. Путь к повышению производительности с помощью AI/ML только начался, и в версии 19 и последующих версиях, вероятно, будет улучшено больше вариантов использования.

Поддержка новых сегментов рынка

5G-Advanced обеспечивает расширенную поддержку нескольких новых сегментов рынка. К ним относятся, среди прочего, облачные игры, иммерсивная реальность, позиционирование в помещении и промышленные сенсорные сети.

1. Расширенная реальность

Коммуникационные возможности 5G с ограниченной задержкой позволят усовершенствовать широкий спектр новых приложений, включая облачные игры (CG) и расширенную реальность, которые относятся ко всему — от виртуальной реальности и дополненной реальности до смешанной реальности. В дополненной реальности цифровые элементы добавляются к просмотру в реальном времени, обычно с помощью камеры на смартфоне или очков дополненной реальности. С помощью виртуальной реальности человек покидает физический мир и испытывает полное виртуальное погружение. Смешанная реальность включает в себя взаимодействие как реальных, так и цифровых объектов. В облачных играх с помощью портативных и носимых устройств осуществляется взаимодействие как между человеком и машиной, так и между людьми.

Существует множество новых применений в средствах массовой информации, дистанционном управлении

и промышленной автоматизации, которые выиграют от критически важных по времени возможностей сетей 5G. Поставщики услуг мобильной связи могут внедрять потребителям, предприятиям и государственным учреждениям для определения новых практик в таких областях, как развлечения, обучение, просвещение, социальные взаимодействия и коммуникации [1].

Сценарии использования расширенной реальности и облачных игр требуют высоких скоростей передачи данных. Обычно ожидается, что устройства будут мобильными и будут иметь небольшой форм-фактор, что накладывает ограничения на их доступные ресурсы питания. Более того, низкая и ограниченная сквозная задержка является еще одной проблемой, когда речь идет о покрытии этих приложений, как описано в [2]. В выпуске 18 производительность сервисов расширенной реальности повышается за счет поддержки 5GC (5G Core) для адаптации скорости приложений с использованием системы с малой задержкой и низкими потерями для функции масштабируемой пропускной способности (LAS — low latency low loss system). Информация приложения расширенной реальности, касающаяся периодичности пакетов, джиттера, размера и требований к задержке, будет передаваться от 5GC в RAN, чтобы RAN знала о расширенной реальности и позволяла обрабатывать трафик, специфичный для расширенной реальности, для повышения энергоэффективности, задержки и емкости. Выпуск 18 также обеспечивает улучшенное управление буфером, информируя RAN о наборе пакетов, составляющих мультимедийный блок, позволяя активному управлению очередями (AQM — Active Queue Management) отбрасывать весь мультимедийный блок вместо отдельных пакетов, если требуется удаление пакета.

В выпуске 19 ожидается дальнейшая работа по улучшению задержки и пропускной способности расширенной реальности. Важно рассмотреть возможность расширения системы осведомленности расширенной реальности для поддержки сервисов расширенной реальности, не рассмотренных в версии 18.

2. Позиционирование внутри помещения

Применение AI/ML в качестве инструмента в конкретных сценариях открывает новые возможности. Многообещающим примером является применение AI/ML для позиционирования внутри помещений, например, на заводе, складе или в офисе. В таких условиях покрытие GNSS (Global Navigation Satellite System) может быть недоступно, а позиционирование в помещении на основе 5G является ценным дополнением к услугам GNSS на открытом воздухе. В версии 18 было показано, что точность хорошо зарекомендовавших себя методов сотового позиционирования можно значительно повысить с помощью функций AI/ML, как упоминалось в разделе об AI/ML для улучшений физического уровня.

3. Internet of Things

В выпуске 17 представлен NR RedCap для поддержки промышленных беспроводных сенсорных сетей, носимых

устройств и беспроводных камер. В версии 18 указана поддержка RedCap для позиционирования и дальнейшего снижения сложности устройства. Снижение пиковой скорости передачи данных до 10 Мбит/с позволит обеспечить уровень сложности RedCap на уровне устройств LTE Cat-1. В версии 19 должна быть представлена поддержка спутниковой связи RedCap, чтобы обеспечить действительно повсеместное покрытие NR IoT.

Industrial и Critical IoT с самого начала был важной темой 5G. Одним из примеров промышленного использования IoT является производство и доставка мультимедиа, для которой требуется ограниченная IP-связь с малой задержкой. Была определена структура функциональных возможностей для чувствительной ко времени связи 5G (TSC — time-sensitive networking), поддержива-

ющей как Ethernet, так и IP, включая, среди прочего, связь между устройствами посредством функции плоскости пользователя (UPF — user plane function), синхронизацию по времени и интеграцию чувствительных к времени сетей 5G.

Однако существует потребность в поддержке детерминированных сетей (DetNet) для областей приложений, требующих не только ограниченной низкой задержки для IP, но также малого изменения задержки и чрезвычайно низких потерь. В 5G-Advanced добавлена поддержка IP-потоков DetNet в версии 18 на основе структуры TSC, определенной в версии 17 (см. также рисунок 3, где 5GS действует как логический маршрутизатор DetNet в сети IP DetNet). Решение для резервирования IP-адресов DetNet является кандидатом на выпуск 19.

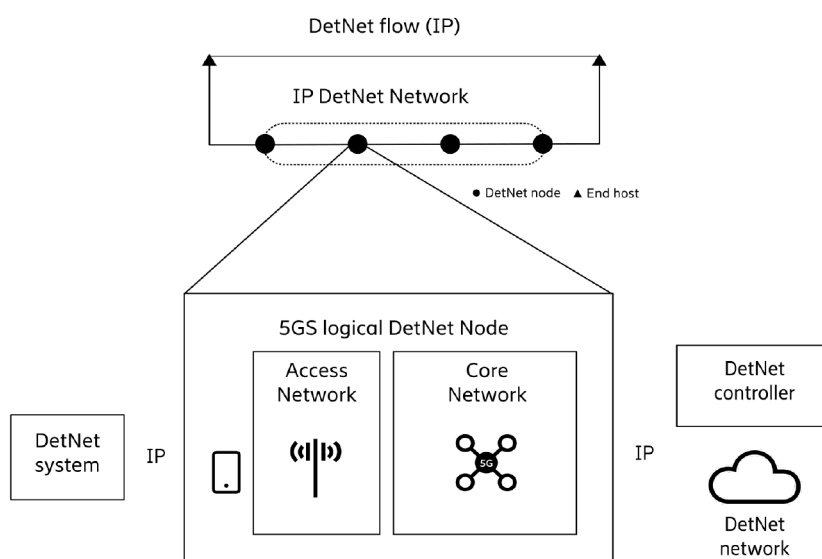


Рис. 3. Детерминированная сеть с использованием IP для Интернета вещей (принципы и сопоставление с 5GS)

Устойчивые сети

С самого начала 5G был разработан для удовлетворения растущих потребностей в трафике при одновременном ограничении энергопотребления мобильных сетей. С появлением 5G-Advanced акцент на экономии энергии в сети становится еще более очевидным. Растущее энергопотребление мобильных сетей не является устойчивым ни с точки зрения затрат, ни с экологической точки зрения. Нарушение энергетической кривой является обязанностью отрасли [3].

Энергоэффективность всегда была важной частью соображений 3GPP, поскольку она позволяла использовать интеллектуальные спящие режимы для мобильных устройств и использовать более низкие диапазоны для расширения зоны покрытия, одновременно увеличивая пропускную способность и скорость за счет объединения операторов более высоких диапазонов. В выпуске 18 3GPP было проведено специальное исследование по экономии сетевой энергии. Определены ключевые показатели эффективности, модели энергопотребления и методологии оценки. Были изучены основные направления,

потенциальные методы и функции, позволяющие экономить энергию в сети. Ранее аналогичная работа была выполнена для экономии энергии пользовательского оборудования в версиях 16 и 17. Для экономии сетевой энергии на системном уровне были изучены балансировка нагрузки трафика и спящие режимы для gNB для городских микро- и макросценариев с массовым MIMO. Результатом исследования стала поддержка функций сетевого энергосбережения в четырех ключевых областях: сокращение широкоэмиттерных передач gNB, прерывистая передача и прием gNB, динамическая мощность gNB и адаптация антенного порта. Адаптация антенного порта, например, полезна вместе с радиостанциями, ориентированными на массовый MIMO.

Выпуск 19 должен основываться на работе, проделанной в выпуске 18, и внедрять дополнительные функции энергосбережения. В частности, для вторичных ячеек (SCells — secondary cells) дополнительная оптимизация передачи блока сигналов синхронизации (SSB — Synchronization Signal Block), включая версию по требованию, может еще больше снизить энергопотребление.

В дополнение к конкретному пункту, касающемуся энергосбережения в сети, в области AI/ML проводится дальнейшая работа по поддержке энергосбережения в сети, такая как определение сигналов прогнозирования энергоэффективности между узлами с использованием данных, собранных на интерфейсах RAN с помощью процедур AI/ML.

Интеллектуальная автоматизация сети

Например, с увеличением сложности проектирования сети, появлением множества различных вариантов развертывания и использования, традиционные подходы во многих случаях не смогут обеспечить быстрые решения. Хорошо известно, что перенастройка систем сотовой связи вручную неэффективна и дорогостояща.

Искусственный интеллект и машинное обучение способны решать сложные и неструктурированные сетевые задачи, используя большой объем данных, собранных из беспроводных сетей. Таким образом, в последнее время большое внимание уделяется использованию решений на основе искусственного интеллекта и машинного обучения для повышения производительности сети и, следовательно, предоставления возможностей для автоматизации и внедрения интеллекта в сетевые операции.

Проектирование моделей искусственного интеллекта, оптимизация и управление жизненным циклом в значительной степени зависят от данных. Беспроводная сеть может собирать большие объемы данных в ходе своей обычной работы. Это обеспечивает хорошую базу для разработки интеллектуальных сетевых решений. В 5G-Advanced рассматривается, как оптимизировать стандартизированные интерфейсы для сбора данных, оставляя при этом функции автоматизации, например, обучение и логический вывод, за счет собственной реализации для обеспечения полной инновационной гибкости в автоматизации сети.

1. Архитектурные усовершенствования 5GS

5G Advanced предоставляет усовершенствования архитектуры для поддержки интеллектуальной автоматизации сети, включая управление RAN, аналитику и управление жизненным циклом моделей AI/ML, например, для повышения корректности моделей. 5G Advanced также поддерживает управление на основе намерений для упрощения управления сетью.

Достижения в архитектуре 5GS для аналитики и сбора данных служат хорошей основой для принятия решений на основе искусственного интеллекта и машинного обучения в национальных федерациях 5GS. В выпуске 18 добавлена, например, генерация политики UE с помощью функции анализа сетевых данных (NWDAF) для разделения сети, где функция управления политикой (PCF — Policy Control Function) поддерживается аналитикой нагрузки срез, позволяя PCF корректировать выбор маршрута UE. Правила политики (URSP). Выпуск 18 также расширил возможности аналитики, добавив возможность предоставлять ее в более детализированном виде, чем в ячейке.

2. AI/ML для усовершенствований RAN

В версии 18 поддерживаются энергосбережение сети на основе искусственного интеллекта, балансировка нагрузки и оптимизация мобильности.

Выбранные варианты использования поддерживаются усовершенствованиями сигнализации в текущих интерфейсах NR, таких как радиоинтерфейс UE-gNB и интерфейс Xn между gNB. Целевое повышение производительности достигается за счет функциональности AI/ML, реализованной в RAN. Благодаря тому, что внедрение модели искусственного интеллекта зависит от стимулов поставщиков, обеспечиваются инновации и конкурентоспособность.

Для версии 19 работа будет продолжена с добавлением новых вариантов использования и потенциально завершающих аспектов, которые не были завершены в версии 18. Примером нового потенциального варианта использования является динамическое формирование ячеек с помощью искусственного интеллекта.

На рис. 4 показана поддержка 5GS функций искусственного интеллекта и машинного обучения, включая подход к управлению, основанный на намерениях. Намерение будет получено RAN от OAM и предпринято действие для поддержки настроенного намерения.

3. AI/ML для улучшения физического уровня

В выпуске 18 3GPP провел исследование, чтобы выяснить, как можно использовать AI/ML для улучшения функциональности физического уровня 5G (PHY — physical layer). Целью работы является определение структуры поддержки AI/ML на PHY, включая такие аспекты, как управление жизненным циклом (LCM — Life Cycle Management), включая мониторинг производительности и тестирование. В выпуске 18 были изучены улучшения обратной связи с информацией о состоянии канала и улучшения точности позиционирования, чтобы получить хорошее представление о том, как стандартизировать поддержку искусственного интеллекта. Среди этих вариантов использования наиболее многообещающие результаты дает применение искусственного интеллекта и машинного обучения для позиционирования, за которым следует управление лучами. Таким образом, в версии 19 определение поддержки этих двух вариантов использования должно быть приоритетным. Потенциально, 3GPP может в версии 19 продолжить изучение улучшения обратной связи с информацией о состоянии канала и изучить некоторые новые варианты использования.

Ступенька на пути к 6G

Системы 5G в настоящее время развертываются быстрыми темпами, обеспечивая высокоскоростное соединение с малой задержкой для широкого спектра услуг. Нет сомнений в том, что продолжающаяся трансформация поставит перед собой новые задачи, с которыми не смогут справиться 5G и 5G-Advanced. Растущие ожидания ставят перед представителями промышленности и исследовательского сообщества четкую цель: 6G должен способствовать созданию эффективного, дружелюбного к че-

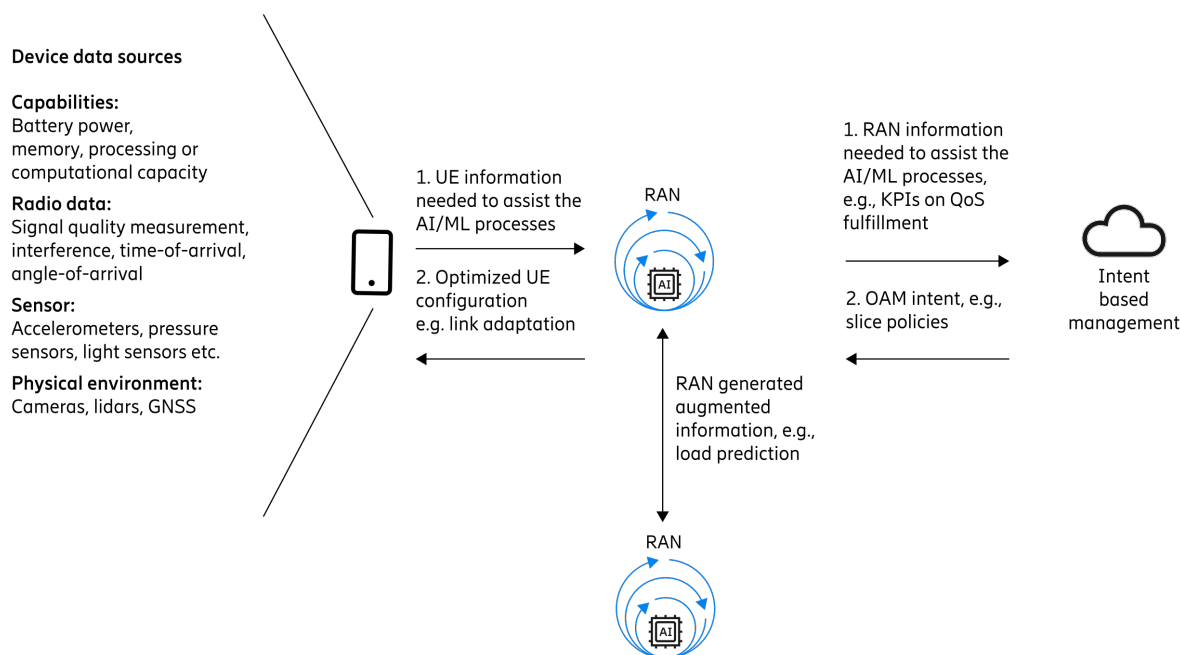


Рис. 4. Общий пример вариантов использования AI/ML в беспроводной RAN

ловеку и устойчивого общества посредством постоянно присутствующей интеллектуальной связи [4]. Тем не менее, некоторые из рассмотренных выше компонентов передовой технологии 5G можно рассматривать как предшественники некоторых строительных блоков 6G. Например, XR постепенно превратится в иммерсивную коммуникацию для взаимодействия человека и машины, что может предъявить новые требования к 6G, чтобы обеспечить еще лучший опыт. В области машинной связи RedCap может быть дополнен устройствами с нулевым энергопотреблением — классом устройств, собирающих энергию из окружающей среды и предоставляющих входные данные для цифровых двойников. AI/ML также будет играть важную роль в полностью управляемой данными архитектуре 6G и интеллектуальной сетевой платформе будущего.

Заключение

Эволюция 5G, начиная с версии 18, называется 5G-Advanced. Поскольку 5G-Advanced основывается на базовом уровне, определенном в версиях 15, 16 и 17, этот новый маркер указывает совокупную ценность эволюции 5G с 2018 года и далее. В версии 18 присутствуют

как усовершенствования архитектуры, так и дополнительные возможности для новых сегментов рынка. Системы 5G в настоящее время развертываются быстрыми темпами, обеспечивая высокоскоростное соединение с малой задержкой для широкого спектра услуг. Будут представлены новые услуги, например, расширенные услуги XR, которые еще больше повысят ожидания в отношении производительности сети. Поддержка RedCap расширит диапазон машинной связи. Приложения, которым требуется работа в сети в реальном времени с использованием IP, выиграют от детерминированной сети, обеспечивающей ограниченную низкую задержку, малое изменение задержки и чрезвычайно низкие потери. Чтобы эффективно удовлетворить все эти требования, поставщики услуг будут активнее использовать AI/ML и сетевую автоматизацию, продолжая при этом путь к дальнейшему снижению энергопотребления. Поэтому для 3GPP важно сосредоточиться на этих областях в рамках работы над 5G-Advanced, в то время как поставщики услуг готовятся использовать преимущества систем 5G-Advanced. Эти технологические компоненты также являются важными предшественниками нескольких строительных блоков 6G.

Литература:

1. Ericsson Technology Review, August 2021, XR and 5G: Extended reality at scale with time-critical communication
2. Ericsson, May 2023, Network evolution to support extended reality applications available at: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/ericsson-technology-review/articles/network-evolution-to-support-xr-apps>
3. Ericsson Technology Review, August 2020, Breaking the energy curve
4. Ericsson, February 2022, 6G — Connecting a cyber-physical world, available at: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/white-papers/a-research-outlook-towards-6g>

Использование численного эксперимента для оценки теплового состояния разрабатываемого вставного прибора

Малиновский Иван Михайлович, кандидат технических наук, инженер-конструктор первой категории;
Белов Кирилл Иванович, кандидат технических наук, ведущий инженер-конструктор
«Опытно-конструкторское бюро имени А. Люльки» филиал ПАО «ОДК УМПО» (г. Москва)

В работе методом численного эксперимента проведена оценка возможности использования вставного прибора для измерения полного давления в потоках с заданными высокими параметрами. Рассмотрена методика расчета теплового состояния вставного прибора при использовании для его охлаждения воды с определенными свойствами. Проведен анализ полученных результатов.

Ключевые слова: теплообмен, тепловое состояние, численный эксперимент.

Исследование характеристик высокоэнергетических потоков важно для понимания особенностей работы конструируемых устройств большой мощности. Разрабатываемый вставной прибор предназначен для измерения полного давления в потоке в условиях высоких тепловых и гидравлических нагрузок. Прежде чем изготовить изделие в металле и провести натурные испытания, необходимо выполнить теоретический расчёт температурного поля в конструкции при работе прибора в самых максимально нагруженных условиях.

Задача ставилась следующим образом: цилиндрический вставной прибор с отборами давления, выполненными заподлицо с лобовой поверхностью, погружается

в исследуемый газовый поток. Общая схема течения показана на рисунке 1 ниже.

Необходимо оценить возможность долговременной работы пятиточечного вставного прибора как инструмента для измерения давления в потоке. Измеренное поле давлений по сечению потока важно, поскольку с его помощью можно восстановить профиль скорости по каналу, оценить локальные коэффициенты теплоотдачи, выполнить более точные расчёты теплового состояния тел помещенных в исследуемый поток. Это позволит оптимизировать конструкцию работающих элементов, продлить срок их службы.

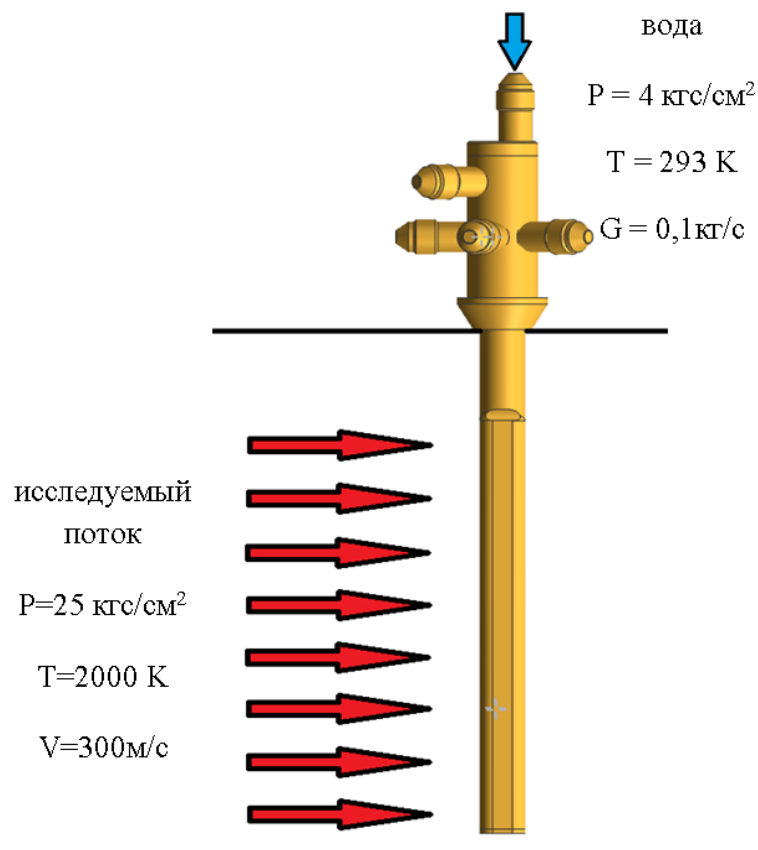


Рис. 1. Общая схема задачи



Рис. 2. Общий вид спроектированного вставного прибора

Численный эксперимент проводился в программе FloEFD в графической среде NX.

Программа FloEFD разработана компанией Mentor Graphics, и представляет собой встроенный в трёхмерную систему проектирования NX программный модуль для численного решения гидравлических и тепловых задач. Он включает в себя следующие возможности: построение расчетной сетки с возможностью настройки параметров сетки либо же автоматическим подбором параметров, задание граничных условий, выполнение расчёта и визуализация, а также обработка полученных результатов. Такая надстройка над программным пакетом NX особенно удобна при проектировании нового изделия, поскольку в процессе оформления задачи позволяет быстро адаптировать модель изделия для большей эффективности.

Достаточно лаконично и точно особенности программы FloEFD описаны в [1, 3]. Программа FloEFD решает осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса, замкнутые $k-\varepsilon$ моделью турбулентности с демпфирующими функциями, предложенными Лэмом и Бренхорстом, с учетом модели пограничного слоя, уравнения сохранения массы, момента и энергии. Для разрешения пограничного слоя используется метод двухмасштабных пристеночных функций, который включает в себя пристеночную функцию с использованием «подсеток» в пограничном слое. Данный метод состоит в сочетании двух подходов, которые объединяют решения в пограничном слое и внешнем потоке. Первый подход, так называемый «толстый» пограничный слой — используется при моделировании пограничного слоя плотной сеткой, когда количество ячеек в погранслое достигает 6 или более. В этом случае параметры ламинарного пограничного слоя находятся из уравнений Навье-Стокса, а турбулентный погранслой моделируется известными пристеночными функциями основанными на демпфирующей функции Ван-Драйста, которая позволяет решать не только логарифмическую зону, как в классическом подходе, но и вязкий подслоем с буферной зоной.

Второй подход — «тонкого» пограничного слоя (ПС) используется при моделировании ПС разреженной сеткой. В этом приближении уравнения Прандтля для ПС интегрируются вдоль нормали к поверхности, от 0 (на стенке) до динамической толщины ПС δ и решаются вдоль линий тока на поверхности стенки. В промежуточных случаях используется объединение двух представленных выше подходов, включающее гладкий переход между обеими моделями в местах уплотнения сетки или утолщения ПС на поверхности. Такой подход позволяет преодолеть ограничения обычного CFD кода, связанные с необходимостью построения очень густой сетки вблизи стенки с ПС. Например, при решении задач в Ansys CFX пристеночные области моделируются напрямую для корректного описания ПС, но это приводит к увеличению числа ячеек в сетке, поскольку происходит уплотнение ячеек в пристеночной области. В свою очередь, это приводит к значительному увеличению времени решения задачи и повышает требования к аппаратной части ЭВМ. В случае, когда время, отведенное на расчёт, ограничено, необходимо как-то оптимизировать задачу, чтобы получить адекватное решение в короткие сроки. Необходимо исключать слишком сложные элементы и заменять их более простыми моделями физических процессов.

Было рассмотрено два варианта течения охлаждающего теплоносителя. Первоначально (вариант Б) рассматривали подачу охладителя в переднюю полость прибора, а затем выдув через трубу в задней части. При такой схеме течения наблюдается некоторый подогрев охладителя при достижении им нижней точки вставного прибора. Было обнаружено, что в такой схеме охладитель туда подходит с повышенной температурой, и в то же время такая организация течения приводит к пониженным значениям коэффициента теплоотдачи (КТО) на внутренней поверхности нижней точки прибора. Поэтому температура материала конструкции в этой области опасно повышается, и при достижении стационарного режима внешняя поверхность будет подвергаться оплавлению. Следующим шагом была рассмотрена подача охладителя сперва в трубку в задней

части вставного прибора (вариант А), тогда течение охладителя организуется по противоположному пути. Происходит выход охладителя в нижней части прибора как раз в области высоких температур — обеспечивая на этих по-

верхностях высокие КТО и, одновременно, пониженную температуру охладителя. Это в целом улучшает тепловое состояние исследуемой конструкции. В дальнейшем рассматривали схему течения по варианту А.

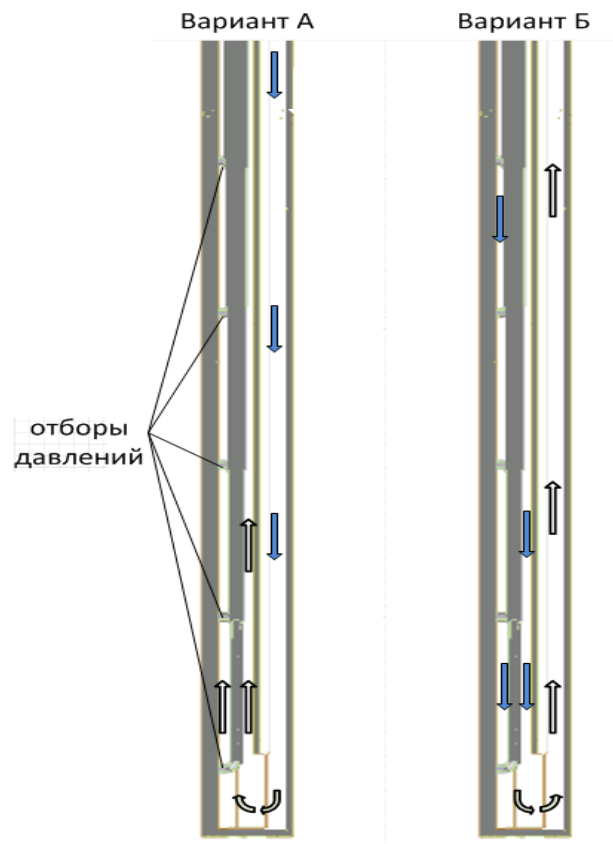


Рис. 3. Рассмотренные схемы течения теплоносителя внутри вставного прибора

Был создан проект задачи с граничными условиями, показанными на рисунке 4. Капиллярные трубки отборов давлений размещены внутри охлаждаемой полости и оказывают влияние на поток охлаждающей воды, оно было смоделировано с помощью последовательного перекрытия проходного сечения в передней части измерительного прибора. Поскольку в Fluent решалась задача сопряженного теплообмена, то для ограничения расчетной области обтекающего вставленный прибор потока был смоделирован короб. На внутренних поверхностях его задавалось идеальное обтекание и адиабатические условия снаружи. Поверхность короба по фронту измерительного прибора была источником набегающего потока, поверхность за вставленным прибором стоком. Небольшая верхняя часть вставного прибора была помещена в воздушную среду с нормальными условиями. На внешней поверхности этой части задавался КТО из соображений свободной конвекции окружающего воздуха. Коэффициент КТО вычислялся по известной формуле [2]

$$Nu = 0.75(Gr_{\text{возд}} Pr_{\text{возд}})^{0.25} (Pr_{\text{возд}}/Pr_{\text{ст}})^{0.25}$$

В результате решения было получено поле скоростей, как показано на рисунке 5. Наиболее интересная и важная

часть показана на рисунке 5(б). Видно, что охлаждающая вода подается из трубки в задней части прибора и равномерно омывает поверхности в нижней части.

Полученные температуры охладителя показаны на рисунке 6. Необходимо отметить, что температура воды при выходе из охлаждаемого прибора достигает 413 К (140°C), что соответствует давлению насыщения воды около 4 кгс см² [2].

Полученные температуры в теле вставного прибора показаны на рисунке 7. В представленной конструкции можно выделить особо нагретую нижнюю поверхность, которую омывает поток охладителя, подающийся из трубы в задней части, как показано на рисунке 3.

Кроме того, надо обратить внимание, что в эту же область подводится наибольшее количество тепла, поскольку площадь поверхности омываемой горячим потоком значительно превышает площадь, с которой отводится тепло, а КТО на поверхностях имеют сопоставимые значения. Анализируя полученные поля распределения температур в теле вставного прибора необходимо обратить внимание на достигнутые температуры на внутренних поверхностях, охлаждаемых водой. Эта температура местами доходит до ~800 К (~550°C). При такой высокой температуре поверх-

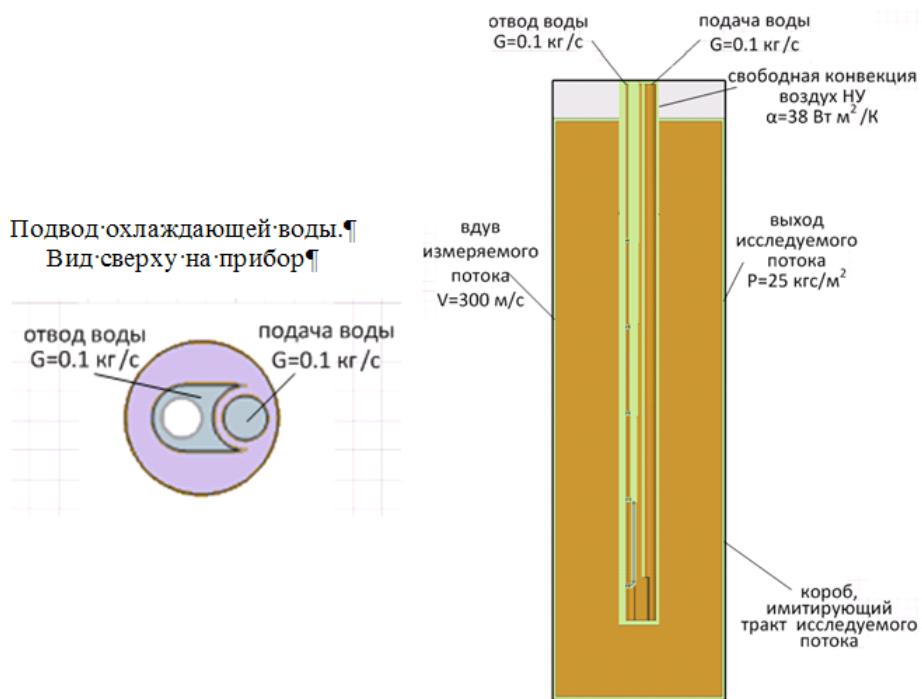


Рис. 4. Постановка задачи для FloEFD

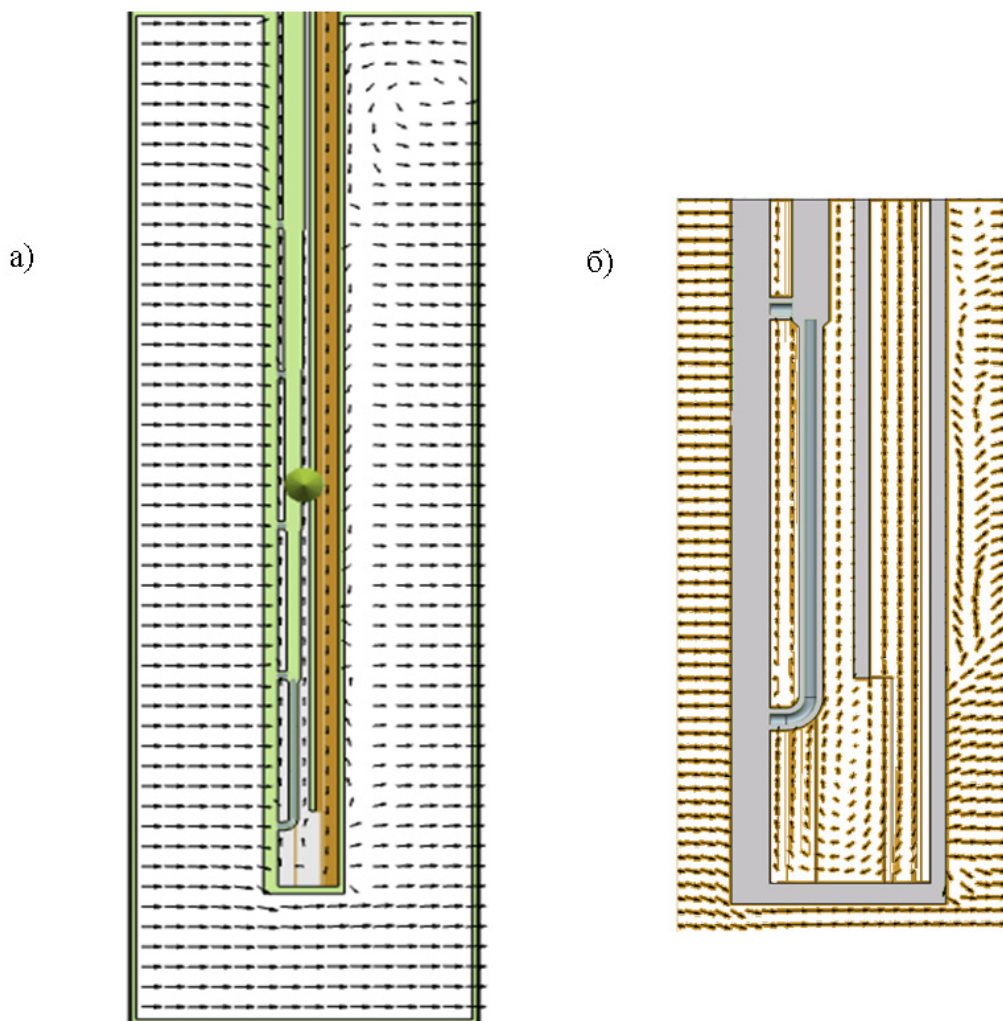


Рис. 5. Течение потока вокруг погружной части прибора и течение охладителя в полости прибора (а)

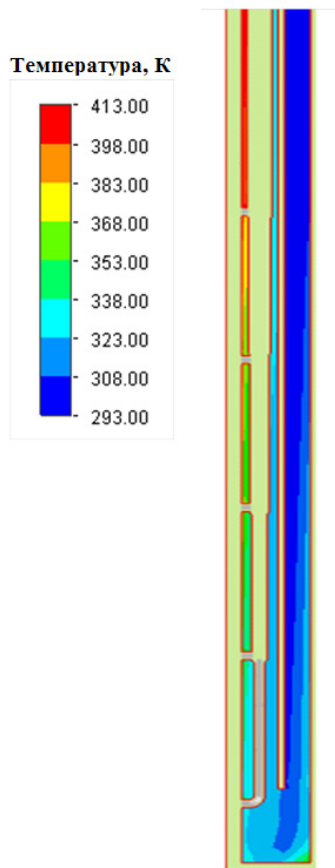


Рис. 6. Температура охлаждающей воды в процессе охлаждения

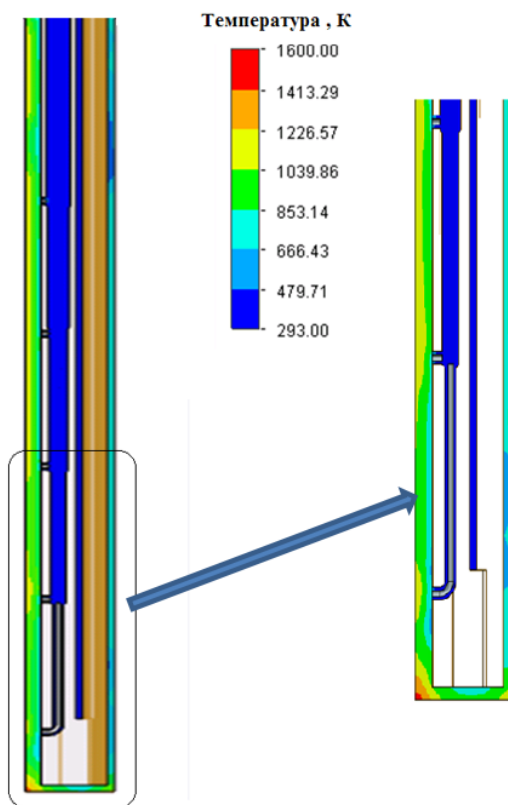


Рис. 7. Температура в погружной части вставного прибора в процессе работы

ности невозможно существование жидкой воды и конвективного теплообмена при условиях, рассматриваемых в задаче. Необходимо рассматривать теплообмен при кипении как минимум на охлаждаемой лобовой поверхности. Такая работа будет проведена в ближайшем будущем.

Выводы

Необходим глубокий анализ получаемых в ходе численных экспериментов данных, потому что расчёт вы-

полняет машина по заданному алгоритму. Результаты численного эксперимента получены в рамках некоей теоретической модели. Необходимо, чтобы эта модель соответствовала реальным процессам в технической системе. Таким образом, трудоёмкость современного численного эксперимента, по мнению авторов, становится сопоставима с классическим модельным экспериментом.

Литература:

1. Вершков, В. А., Крицкий Б.С, Махнёв М. С., Миргазов Р. М., Требунских Т. В. «Сравнение результатов численного моделирования обтекания несущего винта в различных пакетах программ», Труды МАИ, Выпуск № 89, 2016.
2. Исаченко, В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. Учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1975, — 488 с.
3. Simcenter FLOEFD™ for NX™ Technical Reference.

Оценка влияния помех от передатчиков инфракрасного дистанционного управления на приемник сигналов ротационного лазерного нивелира

Невзоров Иван Алексеевич, студент магистратуры
Поволжский государственный университет сервиса (г. Тольятти)

Проведены эксперименты по воздействию световых помех от пульта дистанционного управления на прототип приемника системы автоматизированного лазерного нивелирования.

Ключевые слова: лазерное выравнивание, автоматизированное нивелирование, лазерный приемник, световые помехи.

Современная строительная и сельскохозяйственная техника всё более оснащается электронными системами автоматизации, позволяющими снизить участие человека в выполнении трудоемких и сложных рабочих операций и в перспективе переходить к беспилотным технологиям. Системы автоматизированного лазерного выравнивания (нивелирования) для строительства и точного земледелия внедряются все в большем количестве стран [1]. В такой системе ротационный лазерный нивелир [2] с помощью вращающегося лазерного луча строит в пространстве опорную плоскость, относительно которой ориентируется техника, оснащенная приемниками сигналов от лазерного луча. В настоящее время уместно говорить об импортозамещении и в этой области. Вопросы выбора компонентной базы и разработки аналоговой части приемников сигналов ротационного лазерного нивелира сейчас в значительной мере решены [1, 3]. Для облегчения разработки цифровой части и программного обеспечения создан экспериментальный прототип (рис. 1). Одна из возложенных на него задач — исследование воздействия световых помех на приемник в различных условиях. Установка включает в себя плату с 8 приемными каналами на основе фотодиодов и усилителей (рис. 2). Выходы каналов D0...D7 являются выходами аналоговых компараторов. Эти

двухуровневые сигналы вводятся через параллельный порт микроконтроллера с частотой дискретизации 100 кГц, полученные байты данных передаются по сети на хост-компьютер.

Для оперативной визуализации регистрируемых данных применено их отображение в виде битовой карты (рис. 3, 4). Каждый пиксель такой карты отображает значение одного бита принятых данных, один принятый байт отображается столбцом из 8 пикселей. Горизонтальная координата соответствует времени и столбцы, отображающие байты данных, следуют с шагом 10 мкс, равным периоду дискретизации. После заполнения 8 растровых строк по всей ширине битовой карты отображение продолжается в следующих 8 строках.

В показанных примерах частота появления импульсов лазерного излучения составляла 50 Гц, длительность импульсов 50 мкс. При размерах битовой карты 512*320 пикселей она отображала $(512*320)/8 = 20480$ байт, принятых за $20480*0,01 = 204,8$ мс. Полезный сигнал выглядит как горизонтальный прямоугольник шириной в несколько пикселей (рис. 3) и высотой 1...3 пикселя (лазерный луч на больших дальностях заметно расходится и может воздействовать на соседние каналы).

Помехи от передатчиков инфракрасного дистанционного управления (ИК ДУ) на битовой карте выглядят как

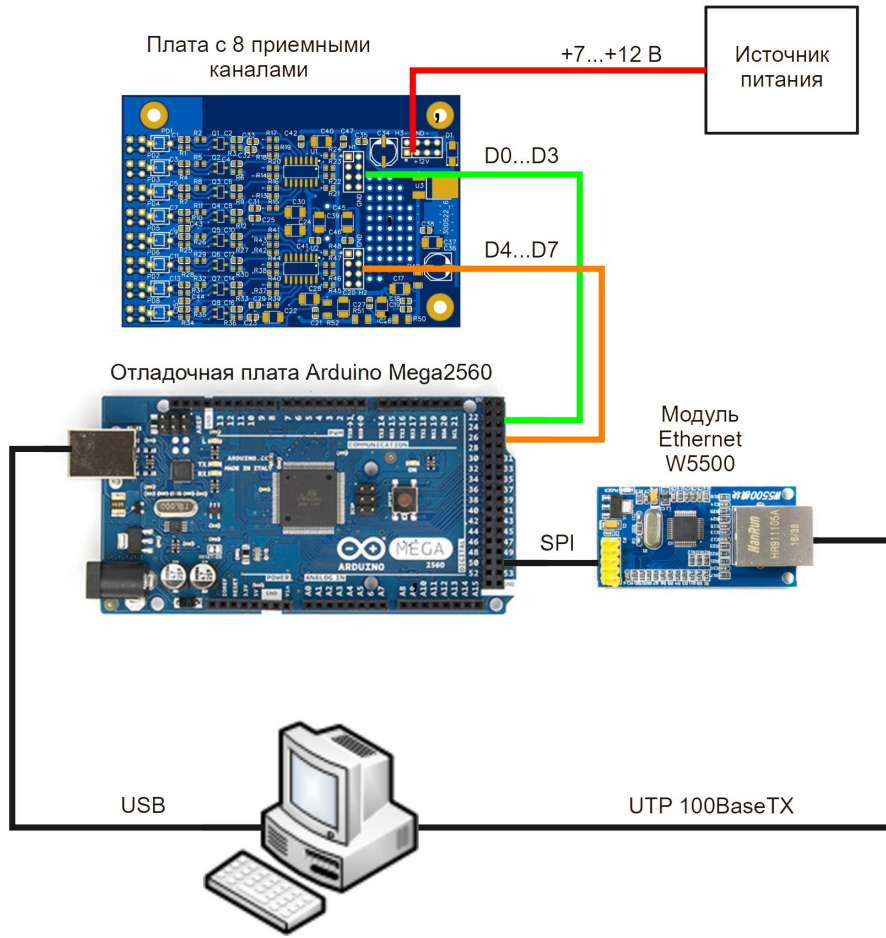


Рис. 1. Схема прототипа приемника

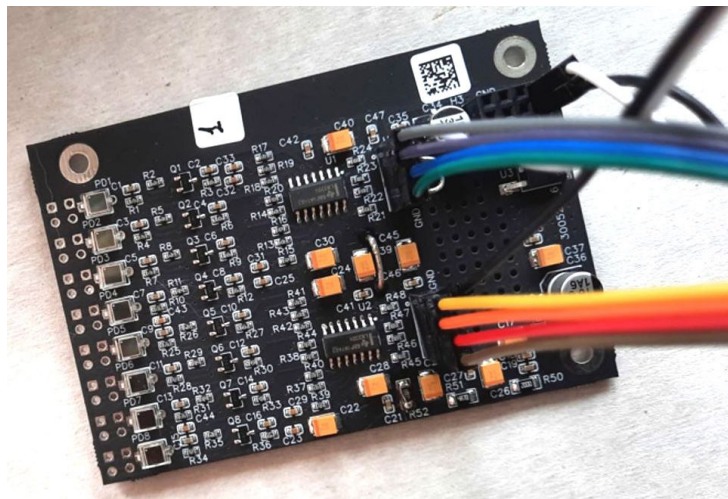


Рис. 2. Плата с 8 приемными каналами

Рис. 3. Битовая карта принятого сигнала в отсутствие помех



Рис. 4. Битовая карта принятого сигнала с помехами от пульта ИК ДУ

последовательности вертикальных штрихов высотой, как правило, 8 пикселей и шириной в основном 1 пиксель.

Необходимо отметить, что показанный пример был зарегистрирован при расстоянии от пульта ИК ДУ до приемника всего 0,5 м. Но даже в этом, вероятно, экстремальном

случае можно визуально найти в битовой карте все 10 импульсов полезного сигнала. Это позволяет сделать вывод, что хотя помехи от передатчиков ИК ДУ нельзя не учитывать, они могут быть отфильтрованы двумерными фильтрами, основанными на их морфологических особенностях.

Литература:

1. Zang, Y. et al. Optimization Design and Experimental Testing of a Laser Receiver for Use in a Laser Levelling Control System // Electronics. — 2020. — Т. 9. — №. 3. — с. 536. — URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/9/3/536> (дата обращения: 01.11.2023).
2. Владимиров, И. М. Параметры ротационного лазерного нивелира // Молодой ученый. — 2021. — № 48 (390). — с. 14–15. — URL: <https://moluch.ru/archive/390/85887/> (дата обращения: 01.11.2023).
3. Владимиров, И. М. Выбор фотодиодов для приемников систем лазерного выравнивания // Молодой ученый. — 2021. — № 48 (390). — с. 12–14. — URL: <https://moluch.ru/archive/390/85886/> (дата обращения: 01.11.2023).

КУЛЬТУРОЛОГИЯ

Воспитательный и нравственный потенциал праздничной культуры в обрядовой деятельности Белгородской области

Красникова Лилия Николаевна, учитель начальных классов;
Мастерная Вита Павловна, учитель начальных классов
МОУ «Разуменская СОШ № 2 Белгородского района Белгородской области»

В настоящее время становится очевидным, что современный идеал должен воплощать в себе как общезначимые мировые ценности, так и лучшие национальные качества каждого человека. В ориентации подрастающего поколения на нравственные ценности особое место, на мой взгляд, занимает традиционная праздничная культура. Праздничная культура оказывают качественно новое воздействие на человека. Однако сила этого воздействия зависит от того, какое место занимают праздники в иерархии ценностей личности. Неслучайно Л. С. Выготский [1] ставил в прямую зависимость воспитательное влияние искусства на личность от органического единства его восприятия и нравственной деятельности субъекта. Любовь к людям, профессиональный интерес, творчество, высокая нравственная культура, особая чуткость и внимание к окружающим — это нравственные ценности, формируемые народными праздниками.

Народные праздники, как уникальный феномен цивилизованности, является показателем духовного здоровья нации, общества, государства, отдельного человека. Главное в этой культуре — это «отстоявшиеся» в истории и сознании многих поколений непреходящие эталонные ценности, выступающие в качестве культурного наследия. Цель общества — всемерно охранять, фиксировать, экспонировать, даже воссоздавать заново, то есть всеми способами ретранслировать это достояние, делать его доступным и освоенным. Народные праздники содержат такие идеи, ценности, смыслы как представления о природе, космосе, месте человека в мире, представления об идеалах мудрости, силы, героизма, красоты, добра и зла, о формах «правильного» и «неправильного» поведения и устройства жизни, о служении людям, отечеству, о любви к Родине и др.

В народных праздниках всегда осознаваема в первую очередь установка на следование определенной традиции, за которой проступает некое соборное, общинное, анонимное начало, объединяющее сообщество в разных по-

колениях и получающее из-за давности существования или наличия авторитетов значение нормы или образца.

Народные праздники по своим истокам уходит в глубины веков. Их понимание, как особой модели мировоззрения, как способа познания мира и себя в этом мире должно стать направляющим в осмыслении нравственных проблем. Это непрерывный созидательный процесс обретения человечеством духовно-практического опыта, трансляции знаний и традиций, их развития и обогащения творческими усилиями поколений. Пространство культуры выступает перед человеком как текст: мир людей, природы, вещей, идей является и говорит о себе в феноменах слова и молчания, жеста и поступка, цвета и формы, в знаках и символах.

Интерес детей и подростков к праздникам достаточно высок, т. к. для некоторых — это единственный способ приобщиться к культуре. Телевидение с его перенасыщенностью сериалами, поп-музыка и изобилие низкокачественной литературной продукции очень активно влияют на формирование внутреннего детского мира. Народные праздники могли бы противостоять этому явлению «свободного рынка», следствием которого являются рост бездуховности и снижение общего культурного уровня.

Стремление к эстетическому наслаждению присуще самой природе человека, и любой из народных праздников вызывает у него полезные эмоции, благотворно влияет на разум и нравственный облик, способствует умственному развитию и обогащает духовный мир.

Существует мнение и о том, что нравственное воспитание нельзя ограничивать рамками воспитания нравственных эмоций, чувств, потребностей, вкуса, его поле — весь мир человеческой практики. Такой точки зрения придерживается Кулаев К. В. «Воспитание эмоций, чувств и непосредственно труд активно взаимодействуют, обуславливают друг друга, образуя целостность, кроме того, осуществляется связь духовной деятельности с реальным образом жизни людей. Этот процесс обогащает общество, конкретного человека относительно завершенной си-

стемой потребностей, вкусов, позволяющих им творить, пересоздавать объективный мир по законам красоты» [8, 49].

Волков Г. Н. отмечает, что «воспитание существует в народе столько же веков, сколько существует сам народ, — с ним родилось, с ним выросло, с ним отразило в себе всю историю, все его лучшие качества» [2, 50]. Народные праздники, отразившие принципы, идеалы, ценности, выработанные на протяжении тысячелетий истории человечества, традиционно способствовали формированию высоко нравственной личности, способной любить свою Родину, жить в мире и согласии с другими людьми, бережно относиться к природе.

Традиции, заложенные в народных праздниках, не переходят к человеку автоматически, их надо переживать и соотносить с действительностью, только тогда они превращаются в эффективное средство формирования личности. Благодаря праздникам народ остается самим собой. Уход от них может привести к обрывам естественной связи поколений. Заложенные в них нормы — честность, уважение к старшим, трудолюбие и т. д. — призваны обеспечить выживание в сложных условиях, защищая основы национального самоуважения. Праздники остаются актуальными для жизнеобеспечения и социализации народа. Изучение и анализ ценностно-нормативных систем, идей, целей, представлений, знаний позволяет людям осознать себя неким социальным целым и поддерживать свою самобытность. Важной характерной чертой праздников является их естественная подчиненность решению главной задачи, стоящей перед человечеством: формирование, воспитание определенных качеств, передача опыта и культуры. Специфика их заключается в том, что они воплощают в себе традиции, т. е. устойчивые формы жизни народа, отражающие особенности его национального характера и национальных образов мира.

«Нравственные нормы — это правила, требования, определяющие, как человек должен поступить в той или иной конкретной ситуации. Нравственная норма может побуждать к определенным поступкам и действиям, а может и запрещать или предостерегать от них» [3, 104].

Воспитание — это двусторонний процесс, основанный на взаимодействии воспитателя и воспитуемых [6, 25].

Понятие нравственное воспитание Подласый П. И. раскрывает как целенаправленное и систематическое воздействие на сознание, чувства и поведение воспитанников с целью формирования у них нравственных качеств, соответствующих требованиям общественной морали [4, 163].

Основные задачи нравственного воспитания: «1. формирование нравственного сознания; 2. воспитание и развитие нравственных чувств; 3. выработка умений и привычек нравственного поведения» [7, 163].

Одним из главных компонентов этнокультурного направления являются народные праздники — величайшее достижение национальной культуры каждого народа. Праздники выражают вкусы, склонности, интересы народа. Содержание праздников составляет жизнь народа,

его миропонимание, нравственно-этические, социально-исторические, политические, философские и художественно-эстетические взгляды. Они тесно связаны с обрядами и народным бытом, отражают в себе особенности различных периодов истории. Влияние праздников с позиции ориентации на нравственные ценности многообразны. В них отражается отношение народа к воспитанию и его возможностям, задачам, целям и средствам.

Нравственное воспитание невозможно без воспитания любви к природе. Привязанность к родным местам — стержневое свойство патриотизма. Народ, любящий родную природу, слагающий о ней песни, любит свою Родину. Именно под влиянием природы формируется ценностное отношение к Родине.

Важной нравственной ценностью является патриотизм и любовь к Родине. Почитание родной земли, природы, Родины является важной нравственной ценностью любого народа. Любовь к Родине — одна из величайших ценностей человека, а патриотизм — одно из самых глубоких чувств, оно неотторжимо от любви к детям.

Традиции родства имеют огромное влияние на человека, он никогда не остается один со своими проблемами. Традиции добрососедства также важны. Добрососедство — это воспитание добра, толерантности, гражданственности и патриотизма.

Определяя воспитательный потенциал народных праздников, необходимо считать, что ориентация на нравственные ценности невозможна без направленности на людей, понимания их и уважения. И здесь важным воспитательным компонентом является формирование у детей коммуникативных умений. Коммуникативные умения — это умения общаться, обмениваться информацией и на этой основе налаживать целесообразные отношения с другими людьми. Здесь идет обучение умению воспринимать и понимать другого человека, умению самовыражаться, умению управлять общением, вносить в него нужные коррективы. Будучи усвоенными, названные умения выступают как обобщенное свойство личности — общительность. Следует подчеркнуть, что в общении одинаково важно как способность понимать другого человека, так и способность к самовыражению. Эти умения изначально не даны человеку, их нужно развивать.

Народные праздники ярко и образно раскрывают человеку мир реально существующей красоты, формируют убеждения личности, влияют на поведение и доставляют эстетическое наслаждение.

Изучение народных праздников способствует развитию эмоционально-нравственной сферы ребенка. С этой сферой связано умение воспринимать внутренний мир человека, почувствовать его психическое состояние в каждый отдельный момент, выявить его отношение к чему-либо. Это умение понимать состояние, выраженное в каких-то духовных ценностях. Для того, чтобы этому научиться, нужны, как считает Сухомлинский В. А. [5], специальные «эмоциональные» ситуации. Суть этих ситуаций — в обучении искусству сопереживания, понимании

тончайших движений души другого человека, проявлении эмоциональной чуткости в различных жизненных условиях. Такие ситуации необходимо организовывать при изучении праздников. Через праздники идет приобщение к огромному эмоционально-нравственному опыту человечества, формируются духовные и нравственные качества личности.

Процесс ориентации подрастающего поколения на нравственные ценности средствами праздников предполагает их художественно-практическую деятельность. Художественно-практическая подготовка предполагает ознакомление детей с основами народных праздников и овладение художественными умениями и навыками. Познавание праздников как части и материальной, и духовной культуры приводит детей к осознанию нравственных ценностей творчества народных мастеров.

Эффективность усвоения нравственных ценностей зависит от степени вовлеченности детей в праздничную деятельность. Используя средства праздника в процессе ориентации детей на нравственные ценности, мы хотим акцентировать внимание на том что, при всем многообразии функций народных праздников, в нашем исследовании речь идет о возможности праздника побуждать у детей потребность в духовно-нравственной самореализации. С одной стороны, содержание народных праздников связано с выражением неповторимого мира народа, а с другой стороны, нравственный компонент содержится в самом процессе восприятия личностью праздника, когда возникает необходимость «духовной переработки» с позиции духовно-нравственного идеала.

Таким образом, вовлечение детей и подростков в народные праздники обеспечивает:

- 1) включение детей в создание ценностей культуры;
- 2) последовательное формирование духовно-нравственных чувств, вкусов, и нравственных идеалов;
- 3) всестороннее стимулирование нравственно-культурной активности;
- 4) побуждение потребности в духовно-нравственной самореализации.

Советский строй отодвинул воспитательные контексты в сторону, свел два разных, хотя и взаимосвязанных процесса обучения и воспитания в один, объединив их одним термином «образование». В результате всего этого проблемы нравственного воспитания выпали из поля зрения. Воспитательная функция народных праздников отодвинулась на последний план. Воспитательный потенциал праздников состоит в том, что они заставляют людей глубоко переживать. А переживать что-либо — значит в определенной мере приобщать данное событие, явление, действие к своей личной жизни, делать его фактом своей биографии. Народные праздники вбирают в себя житейскую мудрость, опыт поколений.

Итак, воспитательный потенциал народных праздников в процессе ориентации детей на духовно-нравственные ценности позволяет у них формировать и стимулировать элементы саморазвития:

— уважение к существующим традициям, обрядам, культуре;

— становление таких качеств, как любовь к Родине, справедливость, доброта, честность, любовь, толерантность;

— формирование культуры поведения, этических норм общения;

— анализ умений и навыков сопоставлять подлинные связи реального мира, обучать думать и сопоставлять реальные события между собой;

— развитие эстетических потребностей и эстетической культуры;

— формирование активного, творческого отношения к окружающей действительности;

— побуждение к самовоспитанию, самореализации, самостоятельности.

Воспитательный потенциал предусматривает формирование художественных ценностей, развитию эстетического отношения к окружающей действительности, осознанию детьми значения праздников для человечества. В конечном итоге, синтезируя в себе духовно-нравственные ценности, народные праздники отражают в образах накопленные в обществе моральные, этические, эстетические ценности.

Духовность выступает интегрирующим фактором, способствующим созданию оптимальных условий для приобщения детей к традиционной праздничной культуре, которая стирает социально-демографические и художественно-эстетические перегородки в детской и подростковой среде.

Центральное место в народных праздниках занимает образная концепция духовного и нравственного содержания социального бытия человека, которое отражено разными способами художественной деятельности. Понимание народных праздников без значимости человека невозможно. Они проходят через процесс создания образа мира в себе, когда ребенок через восприятие нравственных норм формируют свое отношение к миру и на основе этого строит свою линию поведения. В этом заключается процесс ориентации детей на нравственные ценности. Поэтому необходимо развивать у них готовность и способность к самостоятельному освоению подлинных человеческих ценностей, побуждать их к творческой деятельности.

Нравственный потенциал народных праздников содержит компоненты, которые:

— объединяют людей;

— приобщают к человеческой мудрости, любви, красоте, природе, Родине;

— отражают внутреннее духовное состояние человека;

— отражают ценностное отношение человека к миру и к самому себе;

— содержат разграничение положительного и отрицательного, представления об уме и глупости, о хитрости и прямоте, о добре и зле, о героизме и трусости и т. д.

— определяют нормы поведения;

- содержат идеи трудовой этики;
- формируют национальное самосознание личности, основанное на ощущении духовной связи с народом, побуждают и развивают чувство национального достоинства и гордости за свой народ;
- формируют чувство гуманности в сфере межнациональных, общечеловеческих отношений;
- создают условия для сопереживания.

В целом, народные праздники основаны на передаваемых из поколения в поколение определенных нравственных ценностей, которые выражены в нормах поведения, эмоциональных переживаниях народа и его представлениях о Мудрости, Красоте, Родине, Любви,

Итак, воспитательный потенциал народных праздников заключается в формировании у детей общечеловеческих моральных ценностей, приобщении их к эмоционально-нравственному, духовному опыту человечества, в формировании побуждения к познанию мира и осознанию себя в этом мире. Все эти качества активизируют познавательную активность, самостоятельность, ин-

версию мышления, развивают исследовательские и критические способности, побуждают к творческому проявлению себя.

Таким образом, важно дать основание для глубокого понимания народных праздников и их значение в нравственном развитии человека. Для того чтобы процесс развития в этом направлении был эффективен, необходимо, чтобы дети понимали и четко представляли себе, какую роль они призваны исполнять в сфере духовно-нравственного развития. А для этого необходимо создать условия для того, чтобы в детском сознании возникали художественные чувства, рождалось эмоциональное отношение к действительности, к знаниям, к самому себе. Нужно добиваться глубокого сопереживания художественному образу, формировать умения быть внимательным к своим чувствам, осознавать свои впечатления, понимать своеобразие образного мышления. А самое главное, постигая основополагающие нравственные ценности народных праздников, мы улучшаем понимание не только прошлого, но и настоящего, и будущего.

Литература:

1. Болдырев, Н. И. Нравственное воспитание школьников: (Вопросы теории) / Н. И. Болдырев — М.: Педагогика, 1989.
2. Волков, Г. Н. Этнопедагогика / Г. Н. Волков. — Чебоксары: Чуваш. Кн.изд-во, 1973. — 134 с.
3. Выготский, Л. С. Психология искусства / Л. С. Выготский. — М.: Искусство, 1987. — 573 с.
4. Подласый, П.И Педагогика: Учебник для студентов высш. пед. учеб. заведений. — М.: Просвещение, 1996.
5. Сухомлинский, В. А. О воспитании/ В. А. Сухомлинский. Изд-е 2. — М: Политиздат, 1975.
6. Яновская, М. Г. Нравственное воспитание и эмоциональная сфера личности / М. Г. Яновская // Классный руководитель. 2003. — № 4. с.25
7. Штольц, Х. Как воспитывать нравственное поведение? Кн. для учителя: Пер с нем. / Х. Штольц, Р. Рудольф. — М.: Просвещение, 1996.
8. Кулаев, К. В. Специфика эстетического воспитания в коммерческом колледже / К. В. Кулаев // Педагогика. — 1998. — №.1. — с. 49–54.

ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

Характеристика кантатно-ораториального творчества И. С. Баха

Кирпу Светлана Андреевна, студент

Научный руководитель: Чапчикова Валентина Юрьевна, старший преподаватель
Краснодарский государственный институт культуры

Кантатно-ораториальное творчество И. С. Баха относится к высшим достижениям западного музыкального искусства. Расширяя традиционные границы жанра кантаты, Бах пишет сольные, камерные, большие, развернутые, для смешанного состава, и только хоровые кантаты. Творчески используя традиции, Бах приносит разнообразие в привычные представления о структуре кантаты и создает свободную музыкально-поэтическую композицию, где из старых и новых звуковых форм, мотетов, мадригальной музыки, из старо-полифонического искусства и простого народного пения синтезирует свой стиль.

За всю свою жизнь Бахом написано более 300 кантат. К сожалению, до наших времен дошли лишь 200 самостоятельных и законченных произведений. Остальные были либо утеряны, либо дошли в неполном виде до нас. Для обозначения кантат Баха был изобретен историками-музыковедами отдельный, специальный термин, подчеркивающий значимость данного жанра — *Bachkantaten* («кантаты Баха»). Сегодня мы с вами можем смело утверждать, что одни из первых кантат Бах написал еще в далеком 1706 году, переехав в небольшой городок на северо-западе Германии — Мюльхаузен. Некоторые источники утверждают, что сочинять кантаты Бах начал еще в подростковом возрасте, когда он жил и работал в церкви в районном центре города Арнштадта. И та и другая теория начала возникновения первых кантат могут быть абсолютно точно верны, и единственное, что их объединяет, так это то, что в независимости от города и времени, Бах точно начал писать кантаты с началом работы в церковном хоре, получив доступ к профессиональным исполнителям; он должен был сочинять музыку и заботиться о копировании нот, о репетициях и концертах [4, с.76].

Мы должны знать, что в начале XVIII века нотное издание было доступно только высокопоставленным лицам, максимально приближенным к королю музыкантам. От того издание нот было крайне эксклюзивным и дорогим явлением среди обычных музыкантов, к которым тогда Бах еще не относился. В связи с этим, молодой компо-

зитор подолгу засиживался в библиотеках до поздней ночи, штудирова ноты итальянских, немецких и французских композиторов, осваивая самостоятельно их ремесло, записывая некоторые фрагменты вручную или запоминая их музыку наизусть.

Трудные времена принуждали композитора к работе в нескольких церквях одновременно. К сожалению, церковный приход — единственная возможность заработать у молодого, но крайне перспективного композитора в те времена. В 1723 г., начиная со дня Святой Троицы (5 июня), Бах одновременно работал в приходе «Св. Николая» и «Св. Томаса», в городе Лейпциг. В его обязанности входило непрерывно сочинять новую кантату к каждому празднику и к каждому воскресенью, когда церковь наполнялась людьми, иной раз только для того, чтобы услышать новый шедевр Баха. Мало кто знал его имя, но его музыку напевали на улицах города, в узком домашнем кругу и, забегая вперед, его светские кантаты будут исполнять на своих музыкальных вечерах сами графы и герцоги. Надо отметить, что такой невероятный темп работы позволил композитору отточить, улучшить свое мастерство, качественно проводить работу над ошибками, постоянно изучать новую музыку благодаря приезжим в город музыкантам. Бах не пропускал ни одного стоящего концерта в Лейпциге, не стеснялся показывать мастерам свою музыку и настойчиво требовал критики. В его распоряжении был полный струнный оркестр (большая роскошь для композитора церковного прихода), большой смешанный хор и солисты [1, с.80].

В дополнение к церковным кантатам, сочиненным для случаев литургического богослужения, Бах написал священные кантаты для таких мероприятий, как свадьбы или «Ратсваль» (ритуал торжественной церемонии вступления в должность нового городского совета). Постепенно Бах становился более-менее знаменитым, его имя знали не только в узких музыкальных кругах, но и среди высокопоставленных чинов, в крупных учебных заведениях — это дало возможность композитору не ограничиваться написанием только лишь церковных кантат.

К примеру, известные нам 54 светские кантаты, которые дошли до нас с полным текстом и хорошо сохранившейся музыкой, были написаны композитом для изысканных вечеров самых значимых университетов Лейпцига. На таких вечерах, как мы бы сейчас их назвали, «выпускных», собирались преподаватели и студенты, уже закончившие курс или только поступившие. Также среди светских кантат большое значение имеют именные, или поздравительные кантаты (Glückwunschkantaten), которые обычно исполнялись по случаю чьего-либо для рождения, именин, пополнения в семействе, покупкой нового дома и т. д. Мы помним, что в молодые года Бах практически каждый вечер посвящал себя изучению иностранной музыки великих мастеров, а потому, не находя опоры в немецкой музыке своего времени, он впитал в себя изобилие колоратуры итальянской и французской музыки, которая уже тогда в значительной степени было в основном для светской публики [3, с. 68]. На первых порах сочинений светских кантат именно мелодии этих стран были абсолютно точно читаемы в музыкальной ткани произведений Баха. Итак, мы можем смело утверждать, что кантатно-ораториальное творчество Баха, каким мы видим его сейчас, прошло значительный и тернистый путь от строгого и четкого церковного письма, не позволяющего никаких излишеств, до музыки, хоть и изначально литургической, но полной глубокого и решительного чувства, изящества, мягкости и чуткости. Бах плавно превратил скучные и однообразные церковные службы в живые диалоги между Богом и Душой, между человеком и разумом, светом и тенью. Он давал поистине пищу для размышлений каждому. Если бы И. С. Бах закончил музыкальную карьеру и отбросил сочинительство в 20-е годы XVIII века, он уже бы многое сказал и многое сделал для настоящей современной европейской музыкальной культуры. Уже в то время он сумел подытожить все достижения своих предшественников и современников, собрав в своих произведениях всеобъемлющий комплекс средств музыкальной выразительности, техники письма и художественного мастерства. Никому до сей поры не удалось превзойти немецкого композитора в столь упорном трудолюбии, не удалось воплотить столько жизненной энергии и силы в своих сочинениях, сохраняя простоту и светлую мысль.

Светские и духовные кантаты, оратории у Баха написаны, как правило, для смешанного хора и четырех солистов. Обычно, если кантата была довольно камерной, так называемые «припевы» (хоровые разделы) солисты исполняли самостоятельно, не прибегая к помощи хора. Помимо привычных кантат, Бах писал довольно интимные кантаты, которые требовали хора и только одного солиста («сольные кантаты») [8, с. 54]. Написаны Бахом и «диалоговые кантаты», которые, исходя из названия, строятся по принципу разговора (диалога) двух солистов: чаще это было сочетание баса и сопрано (мальчик дисконт), тенора и альты (мужчина с фальцетным звукоизвлечением). В таких кантатах происходило чередование арий для каж-

дого голоса. Хор мог быть или отсутствовать, но обычно в таких кантатах он завершал литургию.

Большинство кантат и ораторий Баха написаны на совершенный литературный текст на немецком языке, Hochsprache, которому до сих пор обучают во всех немецких школах и иностранцев, желающих учиться или работать в Германии или Австрии. Бах писал кантаты на лютеранские тексты. Также мы знаем, что не менее 45 кантат Бах написал на лютеранские тексты и даже заимствуя мелодии лютеранских гимнов.

Характеристика исполнительского состава в кантатно-ораториальных сочинениях И. С. Баха

Исполнительский состав у Баха такой же, каким мы знаем его в наше время, здесь композитор придерживался традиций и не уходил от классических правил. В его хоровой партитуре мы видим типичные обозначения: soprano, alto, tenore, basso. Таким же образом обозначались в партитуре солисты, единственное отличие, сольная партия подчеркивалась «solo». Выбор голоса для той или иной ситуации в драматическом контексте кантаты всегда был у Баха предельно логичным и обоснованным. Вокальная партия сопрано была воплощением Небес, нежности и легкости, практически ангельского звучания; партия альты чаще всего выражала теплые и глубокие чувства, материнские переживания, заботу о детях и муже; партия тенора чаще отдавалась голосу с «закадровой ролью», то есть певцу, в чьей партии мы можем услышать пояснение драматической ситуации в кантате, некую мораль и описание сюжета. Несложно догадаться, что именно партия баса была голосом Иисуса Христа, голосом Бога, которого иногда цитировали косвенно, а иногда открыто прямо. Примеры цитирования: прямое цитирование в *Es wartet alles auf dich* («Это все ждет тебя») из кантаты № 187. Косвенное цитирование в *O Ewigkeit, du Donnerwort* («О вечность, ты слово грома») из кантаты № 60.

К сожалению, ни сам Бах, ни его современники не указывали точное количество певцов для исполнения каждой кантаты или оратории. Современным исполнителям остается только догадываться и инстинктивно угадывать, сколько должно быть солистов или хористов в той или иной кантате. Хорошо известно, что Джошуа Рифкин, американский дирижер, пианист и музыковед, является сторонником подхода, что певцов должно быть ограниченное количество: четыре солиста и четыре хориста, восемь человек в общем, хотя подход этот еще не реализован в полном наборе кантат. Тем не менее, например, в Лейпциге у Баха было больше певцов, в то время как пространство в придворной капелле в Веймаре было ограничено. Скорее всего, для каждой кантаты количество хористов было разным.

Важным моментом композиторского стиля Баха является индивидуализация вокальных партий. Партия баса всегда отдается певцу, призванному донести до слушателя особую духовную глубину (Христос, Иоанн Богослов). Тенор исполняет драматические сцены. Альт (любимый

тембр И. С. Баха), как правило, выражает теплоту, искренность, а сопрано — радость, торжество, нередко символизирует образ человеческой души. Важно вспомнить, что свою церковную музыку Бах не писал для женщин-исполнителей, так как церковная традиция запрещала их участие в Богослужении. У Баха в распоряжении были только мужские голоса: мальчики для сопрано и альты, взрослые мужчины для альты (фальцетное пение, современный контртенор), тенора и басы. Благодаря участию детского хора музыка Баха приобретала исключительную тонкость и прозрачность.

Характеристика состава инструментального сопровождения в кантатно-ораториальных сочинениях И. С. Баха

На сегодняшний день дирижеры и певцы не имеют возможности сойтись во мнении и решить, как же все-таки правильно исполнять кантаты Баха и, главное, каким составом. Этот вопрос стал предметом спора еще в начале 20-ого века. Одна сторона предпочитает не вмешиваться в историческую направленность исполнения, а сохранить аутентичность и не посягать на изменение в партитуре И. С. Баха, то есть не брать на себя ответственность за нововведения, другими словами, «петь так, как написано». Другая же сторона музыкантов настроена более решительно: они утверждают, что музыку Баха сейчас, в 21-ом веке можно и даже нужно исполнять на современных музыкальных инструментах, не бояться музыкальной революции в церковных и светских кантатах Баха, а действовать исходя из предложенных временем возможностей. Мы знаем, что в XVIII веке Бах располагал маленькими составами оркестра и хора, ограниченным количеством солистов и, конечно, более, чем средним качеством исполнения тех и иных. Даже его великие пассионы и мессу си-минор исполняли довольно камерными коллективами. А в некоторых кантатах вообще даже нет четкой инструментовки (по неизвестным причинам), от того мы можем удивиться, услышав одно и то же произведения в разной аранжировке. Так же Бах не посчитал нужным во многих своих сочинениях указать мануалы (типы органов) и точную регистровку, от чего в наше время исполнители опять-таки испытывают трудности, а представители аутентичного исполнения вовсе не берутся за такие сочинения. Трудности исполнения вызывают и инструменты, задействованные в кантатах: в наше время не каждый университет или концертный зал располагает клавикордом, любимым струнным клавишным инструментом немецкого композитора. Современные исполнители пользуются фортепиано, клавесином или синтезатором с имитацией аутентичного звукоизвлечения. Вместо виолы да гамба — виолончель, вместо гобоя да мура — классический гобой или английский рожок. В настоящей работе мы склоняемся к тому, что второй метод, основанный на использовании современных средств исполнения, более правильный и необходимый: с помощью современных инструментов и их возможностей мы не позволяем кантатам И. С. Баха кануть в лету, потеряться

среди месс и пассионов и, таким образом, показываем миру разносторонность музыки И. С. Баха.

Баховский барочный оркестр отличался от современного, изобилуя старинными инструментами, вследствие чего аутентичное исполнение композиторского наследия весьма затруднительно и, пожалуй, до конца едва ли возможно. Известный дирижер-аутентист Николаус Арнокур так пишет о современной интерпретации музыки И. С. Баха: «Ясно, что со всеми нашими оригинальными инструментами и хорами мальчиков мы не можем в стерильно чистом виде перенести исполнение XVIII века в наши дни, да мы этого и не хотим. Слишком многое произошло с тех пор в истории музыки». Итак, многое в своём творчестве Бах почерпнул из бытующих в его время музыкальных догматов эпохи. Однако, находясь на пиковой точке развития барочной музыки, он не только подытожил многолетние композиторские искания, но и поднявшись на новую ступень, провёл соединительную нить к дальнейшему развитию мировой музыкальной культуры [5, с. 41].

Из существующих архивов мы отыскали подлинное письменное заявление Баха, датированное 1730-м. годом к высшему совету Лейпцига, в котором композитор настойчиво требовал определенный состав оркестра и солистов, качественный хор, который для литургических и праздничных церковных обрядов он считал бы идеальным. Его «Краткое, но крайне необходимое изложение хорошо упорядоченной церковной музыки» в свое время изложил известный дирижер камерных сочинений Баха, мастер инструментовки и талантливый скрипач, руководитель композиторской кафедры университета музыки в Бостоне Джошуа Рифкин и английский дирижёр, теоретик и пианист, сторонник аутентичного исполнительства Эндрю Пэрротт. На основании данных из архива, для исполнения простых песнопений и хоралов Бах требовал наличия камерного хорового состава, однако его сложные кантаты обычно исполнялись сольным квинтетом, который пел все части (то есть, помимо речитативов и арий, также припевы и хоровые разделы) и только в редких случаях (например, в «Страстях по Иоанну») изначальный состав дополнялся вторым, пространственно разделенным квинтетом; для этого требовались дополнительные инструменты в оркестр: от двух до трех первых скрипок, двух вторых, от одного до двух альтов и один, по нынешним меркам чрезвычайно сильный, состав басовой группы.

Исходя из вышеизложенных фактов, мы можем утверждать, что на сегодняшний день совершенно нет необходимости делить оркестр и хоровой состав с солистами на «сольный» и «хоровой». Если учреждение (учебное или иное) располагает большим количеством профессиональных музыкантов значительно высокого уровня, нет никаких причин ограничиваться камерным составом. Однако, эта теория верна и действительна лишь в том случае, если все остальными техническими средствами учреждение в той или иной степени обеспечено:

большой и акустически правильно настроенный концертный зал, высококачественное микрофонное оборудование у солистов и хора, правильная расстановка всех участников исполнения и т. д. Совершенно нелегко исполнять кантату Баха при помощи четырех солистов и камерного оркестра в концертных залах современных театров или концертных залов: музыка Баха потеряется под действием акустических эффектов современных концертных площадок и будет казаться блеклой и невзрачной. Иные исполнители кантатно-ораториального творчества Баха откровенно против такого качества и типа исполнения, а придерживаются традиционных методов, с использованием камерного инструментального состава, мужского исполнительского хорового набора солистов и хористов, а также исполнение на маленьких концертных площадках или на территории церквей и католических храмов. Данной теории придерживается нидерландский дирижер Тон Купман [2, с.34]. Такие типы исполнения не менее популярны и иной раз вызывают большой восторг, ибо современный слушатель нечасто может послушать живую звучание клавикорда и даже клавесина. До сих пор в России кафедра сольного исполнения игры на клавесине существует только лишь в Москве и Санкт-Петербурге. Клавикорд же, как сольный инструмент, отсутствует даже в крупнейших культурных городах страны.

Современное оркестровое сопровождение довольно популярно и подвластно любому классическому музыкальному коллективу. Струнные музыкальные инструменты практически не менялись по своему составу и зву-

чанию еще с XVIII века, если не считать отдельных видов. Струнная группа у Баха состоит из скрипки, альты и виолончели, роль баса обычно отводилась basso continuo (в настоящее время можно использовать контрабас, играя ниже на октаву). В редких случаях роль баса может отводиться органу или виолончели (также бас будет звучать на октаву выше написанного).

Роль солирующего инструмента в кантатно-ораториальном творчестве И. С. Баха отводится, как правило, инструментам из духовой группы. Это такие инструменты, как гобой, гобой да-качча, гобой д’амур, флауто traverso, блокфлейта, труба, валторна и тромбон. В движениях с духовыми к группе «континуо» обычно присоединяется фагот. Благодаря мягкости и воздуху у таких инструментов соло в храме звучит как бы превозносясь над всеми и взлетая над землей.

Некоторые инструменты также несут символическое значение, например, труба, именуемая как «королевский инструмент барокко», используется в кантатах для божественного величия. В арии из кантаты № 172, обращенной к Heiligste Dreifaltigkeit (Пресвятой Троице), вокалисту-солисту аккомпанируют только три трубы и литавры.

Во многих ариях Бах использует инструменты «облигато», которые аккомпанируют певцу как равноправному партнеру. Эти инструментальные партии часто представляют собой виртуозно повторяющиеся паттерны, называемые фигурациями. Инструменты включают в себя, в дополнение к упомянутым, орган, флейту-пикколо, виолончель-пикколо, альт д’амур, тромба да-тирарси (слайд-труба) и рог да-тирарси.

Литература:

1. Арнокур, Н. Мои современники Бах, Моцарт, Монтеверди / Н. Арнокур. — Москва: изд. дом «Классика — XXI», 2019. — 280 с. — Текст: непосредственный.
2. Брянцева, В. Н. Музыкальная литература зарубежных стран: Учебник для ДМШ. Второй год обучения предмету / В. Н. Брянцева. Москва: Музыка, 2001. — 256 с. — Текст: непосредственный.
3. Деличиева, Н. Н. Исполнительский стиль вокальных произведений И. С. Баха / Н. Н. Деличиева. — Москва: Музыка, 1980. — 80 с. — Текст: непосредственный.
4. Друскин, М. С. Иоганн Себастьян Бах / М. С. Друскин. — Москва: Музыка, 1982. — 383 с. — Текст: непосредственный.
5. Насонов, Р. А. Путь Спасения, пройденный с И. С. Бахом (осмысление евангельского текста в «Страстях по Иоанну») // Музыка и проповедь. К интерпретации наследия И. С. Баха / Р. А. Насонов; науч. труды Моск. гос. консерватории им. П. И. Чайковского. Москва: 2006. — 98 с. — Текст: непосредственный.
6. Розеншильд, К. История зарубежной музыки. Выпуск первый. До середины XVIII века / К. Розеншильд. — Москва: Музыка, 1969. — 535 с. — Текст: непосредственный.
7. Чередниченко, Т. В. Интерпретация традиции в искусстве И. С. Баха / Т. В. Чередниченко; Избранное / ред.-сост. Т. С. Кюрегян. — Москва: НИЦ «Московская консерватория», 2012. — 239 с. — Текст: непосредственный.
8. Ярославцева, Л. К. Опера. Певцы. Вокальные школы Италии, Франции, Германии XVII-XX веков / Л. К. Ярославцева. — Москва: «Золотое Руно», 2004. — 200 с. — Текст: непосредственный.

Жанр «реквием» в эпоху романтизма

Кисель Елена Константиновна, музыкальный руководитель

МДОБУ детский сад комбинированного вида № 3 станции Вознесенской муниципального образования Лабинский район (Краснодарский край)

Одним из факторов, определивших лицо европейской музыки, справедливо считается ее связь с церковью. Именно потому, что церковь в течение ряда веков определяла духовную и культурную жизнь Европы, введение музыкальной составляющей в богослужение имело для ее развития большое значение. Многовековая история церковной музыки представлена самыми разными музыкальными жанрами, которые в процессе своей эволюции «переросли» сугубо церковные рамки и стали важнейшей частью светской профессиональной музыкальной культуры. Так случилось с кантатой и ораторией, жанрами мессы, реквиема и др.

Тема данной статьи посвящена одному из эволюционных периодов развития жанра реквиема — романтическому.

Реквием романтической эпохи как исторически обусловленный феномен выявляет некоторые предпосылки возникновения подобной жанровой модели в музыке XIX столетия. Причиной обращения композиторов-романтиков именно к данному сакральному жанру стал интерес музыкантов романтической эпохи к теме смерти, проявившийся в сферах как светской, так и культовой музыки XIX века. Своеобразие романтического реквиема заключается, прежде всего, в сочетании свободной трактовки жанра, далеко ушедшего в романтический период своего развития от предписаний канона, и все возрастающего стремления композиторов возродить церковные традиции. Но сначала немного истории...

Реквием (от первого слова латинского текста «Requiem aeternam dona eis, Domine» — «Покой вечный дай им, господи») — траурная заупокойная месса, посвященная памяти усопших. Своими корнями реквием уходит в глубокое средневековье. Возникнув как разновидность католической заупокойной мессы, реквием в ритуально-обрядовой форме стал воплощением очень важного для христиан представления о смерти, как переходе от временного, жизненного к вечному, от страдания — к покою, свету, надежде.

Первое упоминание об этом жанре датировано ещё VI веком. Долгое время основу реквиема составляли мелодии григорианских хоралов, которые исполнялись мужским хором в унисон. В процессе эволюции церковных песнопений, в эпоху зрелого и позднего средневековья, в этот жанр проникает многоголосье.

Первый многоголосный реквием был создан композитором первой франко-фламандской школы Г. Дюфаи в первой половине XV века. К сожалению, мы не можем

о нём судить, так как он не сохранился. Но дошедший до нас реквием другого представителя франко-фламандской школы Й. Окегема, позволяет судить о том, что уже в ту эпоху позднего средневековья реквием писался для многоголосного хора асаррелла и опирался на традиции строгого полифонического стиля.

Очень важным этапом на пути формирования, развития жанра реквиема был процесс постепенного складывания структуры его текста. Отбор и канонизация текстов и напевов, составляющих основу реквиема, были начаты ещё в конце V века при папе римском Григории I, который вошёл в историю музыки, как создатель григорианского хорала. Тексты, вошедшие в реквием, брались из Ветхого и Нового заветов, которые отражали учение католической церкви о жизни, смерти и вечности человека. Важным этапом на этом пути стал знаменитый Тридентский собор (1545–1563), на котором за жанром заупокойной мессы был закреплён строго канонизированный текст. Так сложился особый тип ординария¹ для заупокойной мессы из 9 частей.

1. Интроит² — «Requiem aeternam» (Вечный покой даруй им, Господи)
2. «Kyrie eleison» (Господи, помилуй)
3. Градуал³ — «Requiem aeternam» (Вечный покой даруй им, Господи)
4. Тракт⁴ — «Absolve Domine» (Избави, Господи, души всех усопших верных)
5. «Dies irae» (День гнева)
6. Офферторий⁵ — «Domine Jesu Christe» (Господи Иисусе Христе)
7. Sanctus⁶ (Свят, Свят, Свят, Господь Бог)
8. «Agnus Dei» (Агнец Божий, принявший на себя грехи мира)

1 Ординария (лат. *ordinarium*) — постоянные, неизменяемые тексты литургических служб католиков, а также распевы этих текстов.

2 Интроит (лат. *introitus* — вступление, вход), входное песнопение — в западных литургических обрядах один из элементов литургии, входящий в состав начальных обрядов и открывающий собой мессу.

3 Градуал (лат. *graduale*), в богослужении католиков 1) обиходная книга с песнопениями и текстами для мессы; 2) *responsorium graduale* (респонсорий, исполняемый на ступенях амвона) — жанр и текстомзыкальная форма респонсорного типа.

4 Тракт — текстомзыкальная форма и жанр в богослужебном обиходе католической церкви.

5 Офферторий, *приношение даров* — часть мессы в Западных литургических обрядах Католической церкви.

6 Sanctus (лат. *Sanctus* — «Свят»), *Санктус*, *Свят*, *свят*, *свят*, *Серафимская песнь* — древний христианский литургический гимн, входит в состав большинства древних литургий, как западных, так и восточных.

9. Коммунио¹ — «Luxa eterna» (Да воссияет им вечный свет, Господи)

В состав реквиема могли входить также:

1. Тракт «Pie Jesu» (повторяющий последние строки Dies irae);

2. Офферторий «Hostias et preces tibi, Domine» (Жертвы и мольбы Тебе, Господи);

3. Антифон² «In paradisum» (В рай да сопроводят тебя ангелы);

4. Респонсорий³ «Libera me» (Избави мя, Господи, от вечной смерти)

Сначала текст мессы читался, позднее стал петься. Некоторое время обе эти формы сосуществовали, но к XIV веку окончательно сложилась единая музыкальная форма. Она составляла собой цикл из 7 основных частей:

1. Интроит — «Requiem aeternam» (Вечный покой даруй им, Господи)

2. «Kyrie eleison» (Господи, помилуй)

3. Секвенция — «Dies Irae» (День гнева)

4. Офферторий — «Domine Jesu Christe» (Господи Иисусе Христе)

5. Sanctus» (Свят, Свят, Свят, господь Бог)

6. «Agnus Dei» (Агнец Божий, принявший на себя грехи мира)

7. Коммунио — «Lux aeterna» (Да воссияет им вечный свет, Господи).

Важнейшим этапом развития жанра реквиема стала эпоха Барокко. Она характеризуется мощным развитием светской музыки, постепенным утверждением нового гомофонно-гармонического стиля. В этот период реквием превратился в крупное циклическое произведение для хора и оркестра. Отныне реквием начали сочинять композиторы, не связанные со службой в церкви.

Вершиной эпохи Барокко стало творчество И. С. Баха. Месса в его творчестве приобрела черты кантаты с её самостоятельными, законченными как хоровыми, так и сольными номерами, ярким оркестровым сопровождением, многоплановостью фактуры. Шедевром творчества И. С. Баха является Месса h-moll. Это произведение является величайшим образцом философской мудрости, человечности и глубины чувств. Это один из самых ярких шедевров эпохи барокко в философском осмыслении Смерти, как закономерного итога человеческой жизни. Образы страдания, скорби, а вместе с тем — надежды, радости, поражают глубиной и силой. Философское содержание Мессы воплотилось в монументальной, новаторской форме, в значительной степени расширившей рамки традиционного канона.

Сохранив основные канонизированные части, Бах с редкой художественной свободой раздвигает установ-

ленные для католической обрядовой музыки границы и, разделив каждую из частей мессы на ряд номеров, доводит их общее количество до двадцати четырех (пятнадцать хоров, шесть арий, три дуэта). В си — минорной мессе композитор был связан религиозным текстом и традиционной формой. Однако безоговорочно причислить си-минорную мессу к произведениям церковным невозможно. Это доказывает и тот факт, что не только при жизни Баха, но и в последующие времена это колоссальное, монументальное сочинение во время богослужения не исполнялось. Этого не допускали большая сложность и значительность содержания, гигантские размеры и технические трудности, которые не под силу одолеть рядовому певцу и среднему церковному хору. Си-минорная месса — сочинение концертного плана, нуждающееся в профессиональном исполнительском мастерстве, она стала важнейшим этапом на пути эволюции жанра.

Во второй половине XVIII века, в эпоху Просвещения, распространённые жанры религиозного содержания теряют то ведущее положение. И тем не менее, религиозные традиции искусства предшествующих эпох продолжили такие великие представители эпохи классицизма, как Й. Гайдн (особенно значительны его 6 поздних месс и 2 оратории, среди которых оратория «Сотворение мира» и «Времена года»), Л. Керубини (перу которого принадлежат 11 месс и 2 реквиема), В. А. Моцарт, который помимо сонат, концертов, симфоний и опер, камерно-инструментальной музыки является автором 18 месс, 5 масонских кантат и, конечно же, знаменитого Реквиема. Лишь у Бетховена, последнего венского классика, творчество которого уже целиком связано с XIX веком, жанры церковной музыки представлены более скромно. Им созданы три произведения в этой области: месса До мажор, оратория «Христос на Масличной горе» и «Торжественная месса» Ре мажор.

В трактовке старинных жанров венские классики далеко уходят от традиций прошлого. Прежде всего, это связано с общим характером их творчества. Оно — изначально светское. И то, что было найдено этими композиторами в симфонии, опере, камерно-инструментальной музыке, находит прямое отражение в их кантатно-ораториальных сочинениях. Под влиянием оперного стиля мы наблюдаем в них ясно выраженную тенденцию к драматизации, под мощным влиянием приёмов, найденных в симфонической музыке, — тенденцию к симфонизации. Так, исследователи указывают на многочисленные параллели ораторий Гайдна с его «Лондонскими симфониями», реквиема Моцарта с его операми «дон Жуан», «Волшебная флейта» и последними симфониями. А в отношении «торжественной мессы» Бетховена они проводят прямую параллель с грандиозной монументальной девятой симфо-

1 Коммунио (лат. *communio* причастие), в богослужении католиков — антифон мессы, исполняемый во время причастия клира и прихожан, частичный антифон.

2 Антифон (греч. *ἀντίφωνος*) — звучащий в ответ; откликающийся, вторящий.

3 Респонсорий (позднелат. *responsorium*, от лат. *respondere* отвечать), в католическом богослужении повторяющаяся строфа, которую община поёт в ответ на строфу, исполняемую солистом (священником), а так же обозначение самого песнопения, складывавшегося из чередования реплик солиста и хора.

нией. У исследователей творчества классиков рождается даже особый термин «симфоническая месса». В них на первый план выступает принцип сквозного непрерывного развития, как внутри развёрнутых протяжённых частей, так и на уровне всей композиции.

Что же касается преемственности с предыдущей эпохой, то она видится в следующих моментах: во-первых, сохраняется огромная роль полифонии, её высшей формы — фуги, которая присутствует у всех классиков. Во-вторых — это тесная связь классиков с традициями музыкальной риторики эпохи барокко, когда музыка стала важнейшим инструментом вдумчивого толкования и комментирования священных текстов.

Безусловной вершиной на пути эволюции жанра реквиема в классический период является реквием В. А. Моцарта. Надо сказать, что образ смерти не раз будил творческое воображение композитора. Достаточно вспомнить оперу «Идоменей», «Дон Жуан». А на присутствие религиозно-философского аспекта, не раз указывали исследователи в концепции последней оперы «Волшебная флейта». Но если в «Дон Жуане» образ потустороннего мира и загадочного небытия постоянно, как бы противопоставлялся бурному кипению жизни с её сложностями, волнениями. Если в «Волшебной флейте» он постоянно присутствует в параллели с мистико-фантастической линией, то в Реквиеме всё обыденное, земное, вымышленное отступает на второй план, остается главное: безысходная боль прощания с жизнью, которая понятна каждому человеку, и раскрытая с потрясающей искренностью и глубиной. Вместе с тем, Реквием Моцарта — это ярчайший пример подлинного взаимодействия в творчестве композитора светского и религиозного начала. Все без исключения исследователи указывают, что сам тон моцартовского Реквиема далек от традиционной сдержанности, абстрактности, отстраненности от всего земного, объективности церковной музыки. В нём ярко отразилось субъективное авторское восприятие композитором образа Смерти. В нём нашли отражения новые черты концертной трактовки данного жанра, которые были продолжены и утвердились в реквиемах композиторов XIX века: Р. Шумана, Й. Брамса, Г. Берлиоза, Д. Верди, К. Сен-Санса, Ф. Листа, А. Дворжака, А. Брукнера и других.

Музыкальное искусство XIX века, выдвинувшая в центр внимания проблему человеческой личности с её индивидуалистической самоуглублённостью, тем не менее, сохраняет религиозно-духовную тематику в качестве важнейшей сферы художественного творчества. И это не смотря на мощное развитие концертной эстрады, появление индивидуальных авторских стилей, рождение индивидуальных авторских стилей, новых романтических музыкальных жанров. Именно эпоха романтизма с её особой тягой к субъективизму, автобиографичностью показывает насколько важными для неё остаются проблемы духовно-нравственного поиска, как обязательного

атрибута человеческого существования. Поэтому не случайно большинство лучших композиторов XIX века обращаются в своём творчестве к жанру реквиема. Он остался для них важнейшим жанром для воплощения религиозно-духовных концепций. Об этом так же свидетельствует сохранение в творчестве большинства композиторов-романтиков таких жанров, как оратория, кантата, которые с момента их рождения были связаны с религиозным содержанием. И примеры здесь многочисленны: это мессы, оратории, кантаты, которые мы находим в творческом наследии Шуберта, Мендельсона, Шумана, это позднее творчество Ференца Листа. И это особое значение жанра реквиема. На протяжении XIX века жанр реквиема претерпевает значительную эволюцию при сохранении основных жанровых черт. Более того, мы можем даже говорить об индивидуальном авторском прочтении данного жанра в творчестве Берлиоза, Брамса, Верди, которые оставили нам не превзойдённые образцы данного жанра эпохи романтизма.

Проблеме эволюции жанра реквиема в романтическую эпоху сегодня посвящено немало научных исследований. Именно они послужили методологической базой для нашей работы. В первую очередь следует назвать диссертационные исследования Ефименко А. Г. «Эволюция жанра реквиема в аспекте трактовки темы смерти /реквием эпохи романтизма/», 1996 г, Булавиной Ю. В. «Реконструкция традиций в реквиеме романтической эпохи» (2009 г), статью Жабинского К. А. «Против течения: Реквием Берлиоза и эволюция жанра заупокойной мессы в XIX столетии» (2003 г).

Жанровая модель реквиема, сложившаяся в эпоху Барокко и уже вступившая в этап своей эволюции в эпоху классиков, естественно не стагнирует в бурную романтическую эпоху. Своеобразие романтического реквиема заключается в сочетании свободной трактовки этого жанра, далеко ушедшего в XIX веке от предписаний канонов, с всё возрастающим стремлением композиторов-романтиков возродить его исконные церковные традиции. Именно с этой точки зрения в реквиемах Шумана, Брамса, Брукнера, Листа, Гуно, Сен-Санса, Форе, Дворжака, по утверждению исследователей, наряду с романтической трактовкой жанра, перед нами открывается целая панорама различных ретроприемов, которые рассматриваются исследователями, как проявление авторского ретроспективизма¹.

И здесь в первую очередь исследователи выделяют то, что объединяет всех вышеперечисленных композиторов. Прежде всего, это устойчивое обращение к форме фуги. В данном случае точнее говорить не о возрождении этой традиции, а о её преемственности. Так как использование этой полифонической формы, с момента её кульминации в творчестве И. С. Баха в эпоху барокко не прерывалось не только в ораториях, мессах и реквиемах композиторов последующих эпох, но и проникала в светские жанры, осо-

1 Ретроспективизм – обращение на новом историческом уровне к устойчивым сложившимся приёмам, жанрам, эпохам прошлого.

бенно симфонии. Фуга в реквиеме, мессах чаще всего использовалась в гимнические разделы: «Kyrie», «Gloria», «Sanctus», «Agnus dei». Не отказываются от этой традиции и композиторы-романтики. Наиболее показательны в этой связи реквиемы Верди и Берлиоза. Как указывают исследователи, интерес вызывает тот факт, что оба они, и Верди, и Берлиоз, не были приверженцами крупной полифонической формы, обращались к ним крайне редко. Однако в этом культовом жанре они сочли для себя необходимым обратиться к форме фуги.

В ряду наиболее ранних образцов романтического реквиема стоит реквием, Гектора Берлиоза, написанный в 1837 году и посвящённый памяти героев Июльской революции 1830 года. Реквием прославляет погибших героев, их гражданскую и воинскую доблесть, высокое сознание долга — все, что шло во имя жизни, а не смерти.

Отношение этого автора к жанру реквиема было особым. До конца своей творческой жизни, будучи уже создателем «Фантастической симфонии», «Траурно-триумфальной симфонии», симфонии «Гарольд в Италии», концертных и вокальных произведений, опер, он всё-таки особенно выделял именно реквием среди своего творческого наследия. Реквием этого убежденного атеиста, бесконечно далек от католических заупокойных месс. На первый план в нём выдвигается монументальная гражданская лирика. И тем самым Берлиоз подчеркивает не столько философский смысл жанра, сколько эмоционально-драматические черты литургического текста. Как и в жанре симфонии, оперы на первый план в его реквиеме выдвигается всё многообразие глубоких человеческих страстей: страха, надежды, смирения, мольбы, радости, мужества, веры. Музыка Реквиема уникальна по своей самобытной красоте. Он написан для громадного состава: 200 хористов, 140 оркестрантов, 4 дополнительных духовых оркестра и множество ударных инструментов — всего до 600 исполнителей. Развернутые, крупномасштабные части написаны только для хора, нет ни арий, ни ансамблей. Лишь в одной части солирует тенор. Нет в нём и широкораспевных, задушевных мелодий, зато немало сложных, хроматизированных тем, с нередким использованием рецитации на одной ноте, которая прямо ассоциируется с еле слышной молитвой шепотом. Берлиоз сумел создать произведение, в котором гармонически сливаются мощный гражданский пафос с трогательной лирикой.

Созданный в традиционных формах заупокойной мессы, он по своей направленности, идее, кругу образов далеко выходит за пределы догматических церковных представлений. Его определяют не чувства покаяния и покорности перед грозным судом, не обречённость и страх, а острое ощущение надвигающихся бурь, беспокойство и страстный протест. Драматическое восприятие темы вызвало тревожную, возбуждённую, иногда

даже причудливую музыку, глубокие, резкие, образные контрасты. И рядом с огромными декоративными хорowymi фресками возникают тонкие лирические монологи, сдержанно-лирические размышления возвышенно-философского склада. Именно это отличает произведение Берлиоза от двух других прославленных реквиемов — Моцарта и Верди, — более сдержанных и лиричных по характеру. Даже такая сосредоточенно-лирическая часть, как *Lacrymosa* («Слезная»), исполнена в Реквиеме Берлиоза не проникновенного, скорбного чувства, как у Моцарта или Верди, а страстного отчаяния, доходящего до протеста и даже гнева.

Берлиоз с огромной свободой пользуется самыми разнообразными средствами музыкальной выразительности, совершенно не ставя перед собой вопроса, что «подходит» или «не подходит» для траурной мессы. Композитор сочетает в музыкальной ткани средневековые лады и, современные композитору, обогащенные мажор и минор, различные приемы полифонического изложения с тематическим развитием, свойственным зрелому классическому симфонизму. Он широко применяет формы фугато, фуги, канонические приёмы развития тематического материала. С помощью этого плотного сцепления голосов полифонической фактуры он утверждает важный в этот каждый данный момент образ, мысль.

В ряду особых примеров, характеризующих стремительную эволюцию жанра реквиема в XIX веке, безусловно, следует назвать «Немецкий реквием» Брамса. Как указывают все без исключения исследователи творчества композитора, это сочинение представляет собой уникальную модель протестантского романтического реквиема. Данный жанр отличается своим ярко-национальным немецким обликом.

В своём реквиеме Брамс выступает прямым последователем традиций хоровой музыки И. С. Баха. Все без исключения исследователи указывают на прямые связи «Немецкого реквиема» с баховскими пассионами¹ [8; 424]. Ведущим для обоих композиторов становится опора на национальные песенно-хоровые истоки, суммированные в жанре хорала, повсеместное проникновение хорального начала в тематический материал и принципы гомофонного его изложения.

Исследователи даже называют наиболее явную предшественницу «Немецкого реквиема» Брамса — кантату Баха № 106 «Actus Tragicus», в которой образы страха перед смертью уступили первенство спокойному, философскому осознанию, осмыслению этого акта [2; 327].

Одна из главных особенностей «Немецкого реквиема» Брамса запечатлена уже в его названии — «Немецкий». Композитор отказался от канонического текста заупокойной мессы. Брамс пишет свой реквием на немецкий текст. Но как указывают исследователи, дело не только в языке текста. Новаторство композитора в трактовке

1 Пассионы (Страсти; лат. *passio*, нем. *Passion*) — музыкальное произведение на евангельский текст о предательстве Иуды, пленении и распятии Иисуса.

жанра реквиема заключается в принципиально новом отношении к его содержанию. Композитор не рисует в своём сочинении ужасов «страшного суда», не обращается с мольбой о покое для усопших. На первый план выступают эмоции ласки, тепла, успокоения для тех, кто потерял близких. Своей музыкой он стремится вселить в души несчастных, так необходимую им надежду. В музыке «Немецкого реквиема» впервые выявляются характерные черты стиля Брамса. Это широкая опора на барочные традиции на творчество Баха и Генделя. Это использование протестантского хора с его плотной аккордовой фактурой, которая органично сочетается с полифо-

ническими приемами. Сама форма реквиема, структура реквиема Брамса отличается той удивительной стройностью, уравновешенностью и гармоничностью, которые мы вкладываем в понятие высокий классицизм. Недаром, Брамса называли, уже при его жизни, классиком среди романтиков.

В дальнейшем в своей работе мы обратимся к ещё одному примеру трактовки жанра реквиема в эпоху романтизма — реквиему Верди. Что позволит нам сделать определённые выводы о месте, значении и роли данного жанра, особенностях его трактовки композиторами-романтиками.

Литература:

1. Булавинцева, Ю. В. Реконструкция традиций в реквиеме романтической эпохи. Дисс. на соиск. уч. ст. кандидат искусствоведения 17.00.02. — М.: 2009. — 255 с.
2. Друскин, М. Избранное. — М.: Музыка, 1981. — 333 с.
3. Ефименко, А. Г. Эволюция жанра реквиема в аспекте трактовки темы смерти (реквием эпохи романтизма): автореф. дисс.канд. искусствовед.: — М. 1996. — 28 с.
4. Конен, В. История зарубежной музыки. Выпуск 3. Пятое издание. — М.: Музыка, 1989. — 517 с.
5. Ливанова, Т. История Западноевропейской музыки до 1789 года. Том второй. — М.: Изд. «Музыка», 1982. — 622 с.
6. Музыкальная литература зарубежных стран: Учебное пособие. Выпуск 4/ под ред. Е. Царёвой. — М.: Музыка, 2006. — 704 с.
7. Жабинский, К. А. Против течения: Реквием Берлиоза и эволюция жанра заупокойной мессы в XIX столетии / К. А. Жабинский, К. В. Зенкин // Музыка в пространстве культуры. Избранные статьи. Выпуск 2. — Р-н/Д.: 2003. — с. 124–132.
8. Цытович, Т. Музыка Австрии и Германии XIX века. Книга 2. — М.: Музыка, 1990. — 525 с.
9. www.pravenc.ru. Духовная музыка. Электронная версия. Православная энциклопедия под редакцией Патриарха Московского и всея Руси Кирилла.

Молодой ученый

Международный научный журнал
№ 44 (491) / 2023

Выпускающий редактор Г. А. Кайнова
Ответственные редакторы Е. И. Осянина, О. А. Шульга, З. А. Огурцова
Художник Е. А. Шишков
Подготовка оригинал-макета П. Я. Бурьянов, М. В. Голубцов, О. В. Майер

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.
Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал размещается и индексируется на портале eLIBRARY.RU, на момент выхода номера в свет журнал не входит в РИНЦ.

Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

ISSN-L 2072-0297

ISSN 2077-8295 (Online)

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый». 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

Номер подписан в печать 15.11.2023. Дата выхода в свет: 22.11.2023.

Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

Почтовый адрес редакции: 420140, г. Казань, ул. Юлиуса Фучика, д. 94А, а/я 121.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <https://moluch.ru/>

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.