

РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

ШЕСТНАДЦАТАЯ ГОДИЧНАЯ
НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
Сборник статей

ЕРЕВАН-2023

РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ШЕСТНАДЦАТАЯ ГОДИЧНАЯ НАУЧНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

Сборник статей

ЕРЕВАН
2023



ՌՈՒՍԱՍՏԱՆԻ ԴԱՇՆՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԲԱՐՁՐԱԳՈՒՅՆ
ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ,
ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

ՀԱՅ-ՌՈՒՍԱԿԱՆ (ՍԼԱՎՈՆԱԿԱՆ) ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

ՏԱՄՆՎԵՑԵՐՈՐԴ ՏԱՐԵԿԱՆ ԳԻՏԱԺՈՂՈՎ

նվիրված ՀՌՀ-ի հիմնադրման 25-ամյակին
5–9 դեկտեմբերի 2022թ.

Հոդվածների ժողովածու

Երևան

ՀՌՀ Հրատարակչություն

2023

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И
СПОРТА РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ**

РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ (СЛАВЯНСКИЙ) УНИВЕРСИТЕТ

ШЕСТНАДЦАТАЯ ГОДИЧНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**приуроченная к 25-летию основания РАУ
5–9 декабря 2022г.**

Ереван

Издательство РАУ

2023

УДК 5(082)
ББК 2я43
Ш 519

Печатается по решению Ученого совета и РИС РАУ

Редакционный совет Конференции:

А.Р. Дарбинян (председатель), П.С. Аветисян (заместитель председателя), Э.М. Казарян, А.А. Аракелян, А.А. Саркисян, В.С. Бондаренко, А.В. Папоян, Р.Г. Арамян, С.С. Саргсян, А.А. Дарбинян, А.К. Агаронян, В.А. Геворкян, Д.Б. Айрапетян, В.Ш. Меликян, С.Р. Арутюнян, Г.Г. Данагулян, А.М. Григорян, А.А. Оганесян, Р.В. Захарян, В.Н. Маргарян.

Ш 519 Шестнадцатая Годичная научная конференция (5–9 декабря 2022г.). Сборник научных статей: физико-математические и естественные науки.– Ер.: Изд-во РАУ, 2023. – 109с.

Сборник печатается по материалам Шестнадцатой Годичной научной конференции, проведенной в Российско-Армянском университете. Статьи публикуются в алфавитном порядке и под авторскую ответственность.

Публикация сборника осуществлена в соответствии с требованиями ВАК РА к сборникам научных трудов.

Сборник зарегистрирован в базе данных РИНЦ.

УДК 5(082)
ББК 2я43

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Арутюнян Г.А., Нахатакян С.Х., Мелконян А.А., Саргсян М.А. Концепция разработки математической модели имитационной системы тестирования и диагностирования для территориально-распределенных сетцентрических систем реального времени	8
Baghdasaryan G., Hambardzumyan H. Mathematical modeling and numerical analysis of a boundary problem for coaxial cylindrical shells	19
Galstyan N. Teleporting virtual machines across public networks	28
Драмбян А.К., Петросян П.А. О сильных реберных раскрасках блоковых графов	38
Карапетян М.Р. Порядок мультипликатора Шура свободной группы Бернсайда периода 3	40
Овакимян А.С., Палян Н.Г. Применение методов интеллектуального анализа данных для управления учебным процессом в вузе	44
Петросян Т.К., Петросян П.А. Вершинно-различающие рёберные раскраски некоторых типов графов	53
Туманян А.Г. О фредгольмовости регулярных гипоеллиптических операторов на шкалах мультианизотропных пространств	56

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Аветисян В.Г., Аветисян С.М., Тадевосян С.Р. Устройства регулирования прямого и реверсивного хода измерительного зонда	61
Багдасарян О.В., Князян Т.М., Оганесян Т.Т., Мардоян Г.Р., Марциниак М. Многонанослойный электрооптический модулятор для межчиповых оптических межсоединений: электромагнитное моделирование	67

БИОЛОГИЯ И ХИМИЯ

Данагулян Г.Г., Залян Т.М., Гарибян В.К., Карибян Я.А. Получение производных 1,2,4-триазол-5-тиона на основе гидразида изоникотиновой кислоты	74
Данагулян Г.Г., Залян Т.М., Карибян Я.А., Гарибян В.К., Агтяян О. С. Синтез бинарных систем содержащих фрагмент 1,2,4-триазол-5-тиона и пиразола	78
Չիրախյան Մ.Պ., Մանուկյան Տ.Ս. Ուսանողների անդամատակային վերլուծիչի գործարարական վիճակի ուսումնասիրումը	83

Мнацаканян А. А., Григорян А.М., Микаелян А.Р. Получение новых противогрибковых соединений: перспективы применения в сельском хозяйстве и фармацевтике.....	91
Սահակյան Ն.Ա., Ավանեսյան Լ.Գ., Սահակյան Ա.Ա., Գալստյան Մ.Տ., Շողերյան Ս. Ա. Հարկադրված հեռավար ուսուցման հոգեֆիզիոլոգիական առանձնահատկությունները կորոնավիրուսային համաճարակի պայմաններում	97
Շողերյան Ս.Ա., Հարությունյան Ա.Մ, Ավանեսյան Լ.Գ., Սահակյան Ա.Ա, Սահակյան Ն.Ա. 80 բույե տեվողությամբ դասաժամի արդյունավետության գնահատման ֆիզիոլոգիական մեխանիզմները ուսումնական գործընթացում	103

МАТЕМАТИКА

КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИМИТАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНО- РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Г.А. Арутюнян, С.Х. Нахатакян, А.А. Мелконян, М.А. Саргсян

*Российско-Армянский (Славянский) университет
hamhar1945@gmail.com, satenik.nahatakyan@rau.am,
anahit.melkonyan@rau.am, marina.sarkisyan@rau.am*

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена задачам надежности ПО и аппаратных средств сетевых систем, разработке математической модели имитационной системы тестирования и диагностики (ИСТД) для ТРСС, позволяющей автоматизировать процессы обнаружения ошибок в программном обеспечении (ПО) и неисправностей аппаратуры территориально-распределенных сетевых систем (ТРСС) реального времени.

Ключевые слова: сетевые системы – сети, сетевые войны, математические модели имитационных систем, надежность ПО, этапы разработки и испытаний ПО.

Опыт создания территориально-распределенных сетевых систем (ТРСС) показывает, что одним из самых трудоемких и ответственных этапов их проектирования является этап тестирования и испытаний программного обеспечения, занимающий около 50–60% (от) всего времени разработки. Тестирование и испытания являются важными этапами выполнения проекта, т.к. обнаруженные ошибки в программном обеспечении (ПО) могут привести к тяжелым, зачастую катастрофическим последствиям.

В процессе эксплуатации ПО распределенных сетевых систем (СС) бывают случаи искажения данных и нарушение нормального хода вычислительного процесса, что может привести к ошибкам в результате обработки данных, увеличению времени выполнения задач и т.п. Все это, в свою очередь, может спровоцировать аварийные ситуации в ТРСС, а в некоторых случаях и полный срыв работы всей системы. Из международных источников информации известно, что в США и Западной Европе финансовые потери, вызванные потерей информации или неполадками в работе компьютерных си-

стем, составляют около 130 млрд. долларов в год [1]. Поэтому для СС разрабатываются специальные методы для обнаружения и обработки ошибок и обеспечения устойчивости вычислительного процесса к различным типам аварийных ситуаций в системе. Большая часть финансовых затрат связана с диагностикой и тестированием программного обеспечения систем [1], что обуславливается недостаточной степенью автоматизации процесса отладки ПО. Поэтому задачи автоматизации процессов обнаружения и исправления ошибок в ПО и борьбы с аварийными ситуациями, возникающими при работе системы в реальных условиях, являются важными и актуальными задачами проектирования СС [3, 4].

ТРСС представляют собой сложные системы, состоящие из множества объектов, и проверка ПО на всех объектах, хотя и является теоретически возможной, но практически нецелесообразной с точки зрения временных и финансовых затрат. Поэтому необходимо разрабатывать и создавать имитационные среды функционирования отдельных объектов или фрагментов ТРСС, которые позволят реализовывать процессы испытаний и тестирования посредством использования ограниченного количества технических средств и минимального количества объектов. То есть следует разрабатывать такие системы, которые позволят имитировать некоторые типовые объекты, отсутствующие во время тестирования отдельных объектов, что, в свою очередь, даст возможность избежать больших затрат и сэкономить драгоценное время.

Из всего вышесказанного следует, что создание и разработка методов обнаружения и исправления ошибок ПО ТРСС представляют как научный, так и практический интерес, и являются актуальными [3]. Основным же методом автоматизации процессов тестирования является *имитационное моделирование* [5], рационально и продуктивно решающее эти задачи.

Тестирование ПО ТРСС представляет собой целый ряд действий, включающий в себя создание входных сообщений и запросов, создание составленных из них необходимых сценариев, проектирование, тестирование, реализацию сценариев и исследование результатов тестирования. Каждый сценарий должен дать конкретный результат проверяемой функции. Учитывая ограниченность предоставляемых средств, можно утверждать, что тестирование ПО – это выбор сценариев, объединяющих в себе максимальную эффективность и минимальные расходы. Каждый сценарий должен включать в себя такое подмножество циркулирующих сообщений и запросов, имитация которых обеспечит полноту проверки данного отрезка. К большому объему тестируемого ПО добавляется также факт большой территориальной разбросанности объек-

тов ТРСС, из-за чего тестирование и испытание ПО на реальных объектах будет непродуктивным, а полученные результаты не оправдают затраченных на них средств. Так как имитационное моделирование дает возможность испытывать и тестировать ПО не на реальных объектах, но, вместе с тем, в условиях, максимально приближенных к реальным, то его результаты являются вполне приемлемыми [6].

После проведения всех этапов тестирования ПО необходимо произвести его испытания. Цель испытаний ПО состоит в проверке корректности и эффективности работы ПО и соответствия его поставленным требованиям заказчика. Во время испытаний, как правило, найденные ошибки не исправляются, так как цель испытаний состоит именно в нахождении, а не в исправлении ошибок. Но при этом можно проводить исправление ошибок в отдельных модулях и выполнение изменений в документации. Испытания являются завершающим этапом разработки ПО, которому предшествуют этапы автономного, комплексного и системного тестирования и отладки. Этапы разработки ПО ТРСС приведены в Табл. 1.

Программа испытаний должна быть ориентирована на обеспечение разносторонней комплексной проверки функционирования системы. В результате комплекса испытаний необходимо получить максимум результатов при минимуме ресурсных затрат. Так как полная проверка работы системы является сложной задачей, то на этапе планирования испытаний следует предварительно проанализировать структуру испытываемых программ и входных данных [7].

Таблица 1. Этапы разработки ПО ТРСС.

<i>№ Этапа</i>	<i>Наименование этапа</i>	<i>Сроки проведения (поквартально)</i>	<i>Планный объем средств, тыс. драмов.</i>	<i>Научные и (или) научно-технические результаты (продукция) этапа</i>
1.	Изучение технического задания (ТЗ). Проектирование, разработка методов и алгоритмов. а) Программная классификация, методы и алгоритмы решения задач. б) Обоснование задач испытаний.			Постановка задачи. Сбор информации. 1. Научная литература 2. Учебно-методические материалы, методы, алгоритмы, функции.

<i>№ этапа</i>	<i>Наименование этапа</i>	<i>Сроки проведения (поквартально)</i>	<i>Планоый объем средств, тыс. драмов.</i>	<i>Научные и (или) научно-технические результаты (продукция) этапа</i>
2.	Разработка эскизного проекта. Разработка рабочего проекта. Программирование и отладка программ: а) определение наиболее значимых подсистем и функций, б) анализ показателей качества, выбор методов, в) разработка методики испытаний, г) программа испытаний.			Программный пакет Программная реализация анализа качества программного пакета ИСТД, документ методики испытаний.
3.	Разработка и испытание пробной (предварительной) модели. а) Испытания и анализ полученных результатов. б) Документирование испытаний. в) Подготовка необходимых для испытаний технических и программных средств. г) Классификация и реализация сценариев. д) Разработка документации на программный продукт.			Сценарии испытаний. Результаты испытаний, документация на программный пакет ИСТД.
4.	Испытательная эксплуатация. а) Решение о сдаче ИСТД в эксплуатацию. б) Сбор данных о возникающих ошибках и проблемах. г) Сдача системы в эксплуатацию.			Испытательная эксплуатация пакета ИСТД. Программная реализация сбора данных об эксплуатации.
5.	Авторское сопровождение.			

В целом, на этапе планирования и реализации испытаний систем следует найти компромиссное решение, исходя из того, что надо удовлетворять двум, практически, взаимоисключающим требованиям: обеспечению максимальной

общей качественной оценки ПО и реализации испытаний за ограниченное время при ограниченном использовании ресурсов.

На основании вышеприведенных рассуждений авторы предлагают математическую модель имитационной системы тестирования и диагностирования (ИСТД), автоматизирующую процессы тестирования, корректировки и испытаний ПО ТРСС на испытательных объектах [8].

Поскольку одной из основных частей разработки ИСТД является формирование запросов и сообщений для тестирования ПО, то посредством данной ИСТД должны: производиться имитация разнообразных запросов и сообщений, проводиться модульное и комплексное тестирование ПО, проверяться работа с базами данных системы, а также обеспечиваться удобство пользователя при использовании ИСТД.

Предлагаемая нами математическая модель имитационной системы тестирования представляет собой следующую шестерку:

$$\begin{array}{cccccc} \text{IMITATOR} = & (S^S & S^I & A & Q & M & Z) \\ & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ & \text{Situation} & \text{Situation} & \text{Actions} & \text{Query to} & \text{Messages} & \text{Queries} \\ & & & & \text{database} & & \end{array}$$

где:

S^S – множество, элементами которого являются состояния ТРСС;

S^I – множество, элементами которого являются состояния ИСТД;

A – множество, элементами которого являются действия;

Q – множество, элементами которого являются запросы баз данных;

M – множество сообщений ТРСС;

Z – множество запросов ТРСС.

Разделим множества S^S и S^I на подмножества S^1, S^2, S^3, S^4 , где

$$S^S, S^I \subseteq S^1 \cup S^2 \cup S^3 \cup S^4 \text{ и}$$

S^1 (состояние ожидания) – система (ТРСС либо ИСТД) находится в состоянии ожидания данных;

S^2 (состояние обработки) – система (ТРСС либо ИСТД) находится в состоянии обработки полученных данных;

S^3 (состояние отправки) – система (ТРСС либо ИСТД) находится в процессе отправки данных;

S^4 (состояние приема) – система (ТРСС либо ИСТД) находится в процессе приема данных.

Для каждого элемента множества A определим функцию A^f :

$$A^f : (S^S, M) \longrightarrow S^{S'} \text{ или } A^f : (S^I, M) \longrightarrow S^{I'}$$

$$A^f : (S^S, Z) \longrightarrow S^{S'} \text{ или } A^f : (S^S, Z) \longrightarrow S^{S'}$$

то есть ТРСС либо ИСТД в каком-то состоянии (S^S, S^I) отправляют сообщение из M , либо отправляют запрос из Z , вследствие чего состояние меняется на $(S^{S'}, S^{I'})$. Определим основное множество действий ТРСС и ИСТД.

Ниже приводится влияние одной из основных функций ИСТД – функции

$A =$	{	IM,	Q,	SI,	RI,	DI,	AI,	OA }
		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
		Imitation	Imitation	Sending	Receiving	Develop-	Archive	Other
		message	query	informa-	informa-	ment in-	infor-	actions
				tion	tion	formation	mation	

Ниже приводится влияние одной из основных функций ИСТД – функции имитации сообщений – на состояния ТРСС и ИСТД:

$$S_{I_0} \xrightarrow{OA} S_{I_1} \xrightarrow{DI} S_{I_2} \xrightarrow{IM} S_{I_3} \dots S_{S_0} \xrightarrow{RI} S_{S_1} \xrightarrow{DI} S_{S_2} \xrightarrow{AI} S_{S_3}$$

$$S_{I_0} \xleftarrow{AI} S_{I_5} \xleftarrow{DI} S_{I_4} \xleftarrow{IM} S_{I_3} \dots S_{S_0} \xleftarrow{SI} S_{S_5} \xleftarrow{DI} S_{S_4} \xleftarrow{OA} S_{S_3}$$

$$S_{I_0}, S_{S_0}, S_{I_3}, S_{S_3} \in S^1, S_{I_1}, S_{I_4}, S_{S_1}, S_{S_4} \in S^2, S_{I_2}, S_{S_5} \in S^3, S_{I_4}, S_{S_1} \in S^4$$

Если в один и тот же момент времени состояние объекта (объектов) ТРСС или ИСТД является элементом множества (например, в момент времени $t = 0$, т.е. когда процесс тестирования еще не начался), то необходимо осуществить внешнюю операцию, которая изменит состояние объекта ТРСС либо ИСТД следующим образом:

$$S_{I_0} \xrightarrow{OA} S_{I_1}, \text{ где } S_{I_0} \subseteq S^1, S_{I_1} \subseteq (S^2 \cup S^3 \cup S^4)$$

Рассмотрим четвертую составляющую ИМИТАТОР-а: $Q=(q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_k)$, где q_i – запрос на MySQL (“SELECT * FROM Table1 WHERE ...”).

Пятая составляющая имитатора – это множество M – множество всех сообщений ТРСС.

Определим множества $M^1, M^2, M^3, M^4, M^5, M^6, M^7$ следующим образом:

M^1 – множество типов сообщений;

M^2 – множество имен сообщений;

M^3 – множество имен объектов ТРСС, отправляющих сообщения;

M^4 – множество имен объектов ТРСС, получающих сообщения;

M^5 – множество способов передачи сообщений;

M^6 – множество копий отправляемого сообщения;

M^7 – множество характеристик отправляемого сообщения,

где $M = M^1 \times M^2 \times M^3 \times M^4 \times M^5 \times M^6 \times M^7$, что означает, что элемент множества M представляет собой набор из элементов множеств $M^1, M^2, M^3, M^4, M^5, M^6, M^7$.

Рассмотрим вышеприведенные множества подробнее:

$$M^1 = (m^1_1, m^2_1, m^3_1, m^4_1, m^5_1),$$

где m^1_1 – распоряжения;

m^2_1 – подтверждения;

m^3_1 – отчеты, зависящие от распоряжений;

m^4_1 – текстовые отчеты;

m^5_1 – списковые отчеты;

и $M^2 = (m^i_2 \mid m^i_2 \in STRING)$;

$$STRING = (g_1, g_2, \dots, g_k),$$

где $STRING$ – множество, состоящее из слов, составленных из букв латинского или русского алфавитов и символов “.”, “,””, “:”, “;”, “–”, “””.

Множества M^3 и M^4 представляются следующим образом:

$$M^3 = (< m^i_3, m^i_4 >, m^i_3 \in NAME, m^i_4 \in NUMBER)$$

$$M^4 = (< m^i_5, m^i_6 >, m^i_5 \in NAME, m^i_6 \in NUMBER),$$

где $NAME$ – множество наименований всех объектов ТРСС, а

$NUMBER$ – множество номеров всех объектов ТРСС.

$$M^5 = (m^i_7 \mid m^i_7 \in C),$$

$$C = (c_1, c_2, c_3, c_4),$$

где элементами множества C являются: c_1 – обратимая передача, c_2 – избирательно-обратимая передача, c_3 – избирательная передача, c_4 – списковая передача.

$$M^6 = (m^i_8 \mid m^i_8 \in N),$$

$$M^7 = (m^i_9, m^i_{10}, \dots, m^i_n \mid m^i_j \in STRING, j = 9, 10, \dots).$$

Рассмотрим теперь последнюю составляющую нашего имитатора – Z , элементами которого являются все элементы, формируемые и отправляемые

ТРСС. Нелишне заметить, что не следует путать множества Z и Q , так как элементами множества Q являются запросы с данного рабочего места к базе данных, а элементами множества Z – запросы, отправляемые одним объектом другому с целью получения сведений об этом объекте.

$$Z = (z^1, z^2, \dots, z^k) = \left(\begin{array}{l} z^1_1, z^1_2, \dots, z^1_n \\ z^2_1, z^2_2, \dots, z^2_n \\ \dots\dots\dots \\ z^k_1, z^k_2, \dots, z^k_n \end{array} \right),$$

где структуры запросов z^i_1 и z_i могут логически отличаться друг от друга, кроме полей и, так как $z^i_1 \in M_a$, т.е. поле z^i_1 элементов Z определяет объект ТРСС, к которому ИСТД адресует запрос, а a – число, определяющее количество копий запроса.

$$z^i_2, z^i_3, \dots, z^i_{n-1} \in \text{STRING}$$

Определим функцию формирования запросов $F : Q \longrightarrow (g_1, g_2, \dots, g_k)$, которая каждому элементу q_i ставит в соответствие какое-либо подмножество STRING^i множества STRING , где $\text{STRING}^i = F(q_i)$. Определим также функцию, являющуюся в определенном смысле обратной функцией к F , которая ставит подмножеству STRING^i в соответствие какой-либо элемент q_i из Q :

$$q_i = \overline{F}(\text{STRING}^i) = \overline{F}(g_1, g_2, \dots, g_k).$$

Рассмотрим элемент, выходящий из допустимых значений, полученных в результате нескольких запросов к базе данных. Найдем связь между элементами и, учитывая следующее выражение: $F^* = \overline{F}(F(q_i)) = q_j$

Таким образом, $z^i_j = F(F^*(\dots F^*(F^*)\dots))$, где $F^* = \overline{F}(F(q_{i_j})) = q_{i_{j-1}}$,

что в раскрытом виде будет иметь вид:

$$\begin{aligned} q_{i_{j-1}} &= \overline{F}(F(q_{i_j})), \\ q_{i_{j-2}} &= \overline{F}(F(q_{i_{j-1}})), \\ &\dots\dots\dots \\ q_{i_1} &= \overline{F}(F(q_{i_2})), \\ (g^i_1, g^i_2, \dots, g^i_k) &= \text{STRING}^i = F(q_{i_1}); \end{aligned}$$

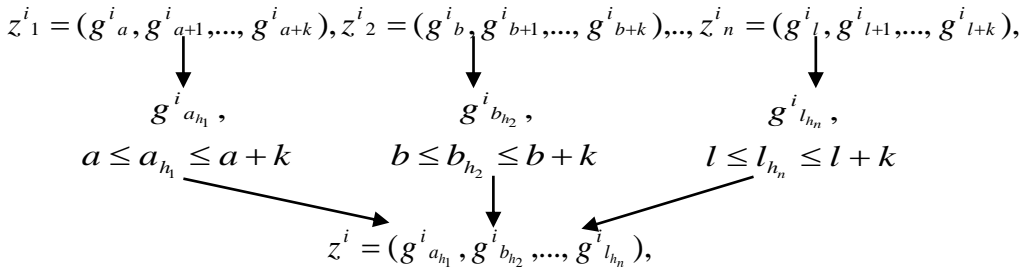
в результате чего получается, что $z^i_j = (g^i_1, g^i_2, \dots, g^i_k)$, где конкретное значение z^i_j выбирается с помощью ИСТД автоматически, либо выбирается оператором ИСТД – в зависимости от рабочего режима ИСТД. Таким образом, в окончательном виде:

$$\begin{aligned} z^i_1 &= (g^i_a, g^i_{a+1}, \dots, g^i_{a+k}), \\ z^i_2 &= (g^i_b, g^i_{b+1}, \dots, g^i_{b+k}), \\ &\dots\dots\dots \\ z^i_n &= (g^i_l, g^i_{l+1}, \dots, g^i_{l+k}), \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} &g^i_a, g^i_{a+1}, \dots, g^i_{a+k}, g^i_b, g^i_{b+1}, \dots, g^i_{b+k}, \dots, g^i_l, g^i_{l+1}, \dots, g^i_{l+k} \in STRING \\ &g^i_a \cap g^i_{a+1} \cap \dots \cap g^i_{a+k} = \theta, \\ &g^i_b \cap g^i_{b+1} \cap \dots \cap g^i_{b+k} = \theta, \\ &\dots\dots\dots \\ &g^i_l \cap g^i_{l+1} \cap \dots \cap g^i_{l+k} = \theta: \end{aligned}$$

Ниже приводится схема выбора полей i-того запроса с помощью математической модели, которая реализуется в ИСТД:



Если обозначить через $g^i_{a_{h_1}} = g^i_1, g^i_{a_{h_2}} = g^i_2, \dots, g^i_{l_{h_n}} = g^i_n$, то с помощью модели для ИСТД получаем следующую структуру запросов $z^i = (g^i_1, g^i_2, \dots, g^i_k)$.

В заключение отметим основные преимущества ИСТД – это:

1. Осуществление автоматизированного тестирования, испытания, обнаружения и фиксирования ошибок, вследствие чего резко сокращается участие человека в процессе тестирования, испытания и корректировки ПО и технических устройств.

2. Экономия большого количества средств в силу возможности тестирования работы отдельно взятых объектов – без задействования других объектов системы;

3. Создание больших нагрузок на тестируемые объекты и программные модули, необходимые для полноты и максимальной приближенности имитации реальных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Барабанов А.В., Дорофеев А.В., Марков А.С., Цирлов В.Л.* Семь безопасных информационных технологий / Под ред. А.С. Маркова. М.: «ДМК Пресс», 2017.
2. *Миняев А.А.* Разработка системы защиты информации территориально-распределенных информационных систем // X Юбилейная Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании»: Сборник научных статей. 2021.
3. *Десницкий В.А., Сахаров Д.В., Чечулин А.А., Ушаков И.А., Захарова Т.Е.* Защита информации в центрах обработки данных, СПб. 2019.
4. *Ковцур М.М., Миняев А.А., Потемкин П.А., Хамза Д.Д.* Обеспечение информационной безопасности Web-приложений с использованием машинного обучения // IX Международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании»: Сборник научных статей, СПбГУТ, 2020.
5. *Сомов С.К.* Сохранность информации в распределенных системах обработки данных. М.: ИПУ РАН, 2019.
6. *Шелков А.Б., Муромцева А.В., Богатырева Л.В.* Проблемы управления безопасностью сложных систем // Международные конференции 1992–2017гг. М.: ИПУ РАН, 2018.
7. *Кононов Д.А., Михайлюк М.В., Хураськин И.А.* Моделирование мультимедийной визуализации в стереорежиме // В сб.: «Моделирование и визуализация. Многопроцессорные системы. Инструментальные средства разработки ПО». М: НИИСИ РАН, 2010.

**THE CONCEPT DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF
IMITATING SYSTEM TESTING AND DIAGNOSING (ISTD) FOR
TERRITORIALLY - DISTRIBUTED NETWORK-CENTRIC SYSTEMS
(TDNCS) REAL TIME.**

G. Arutyunyan, S. Nahatakyan, A. Melkonyan, M. Sarkisyan

Russian-Armenian (Slavonic) University

ABSTRACT

The article is devoted problems of reliability of the software and hardware of Network-centric systems (NCS), development the mathematical models the imitating systems testing and diagnostic (ISTD) for TDNCS, allowing to automate detection processes errors in the software and hardware territorially – distributed Network-centric systems real time.

Keywords: Network-centric systems (NCS), net-centric warfare (NCW), mathematical models imitating system testing and diagnosing, reliability software.

MATHEMATICAL MODELING AND NUMERICAL ANALYSIS OF A BOUNDARY PROBLEM FOR COAXIAL CYLINDRICAL SHELLS

G. Baghdasaryan¹, H. Hambarzumyan²

¹Institute of Mechanics NAN RA

*²Russian-Armenian (Slavonic)University
hasmik.hambarzumyan@rau.am*

ABSTRACT

The paper describes a mathematical model of the problem with the stability of finite length coaxial circular cylindrical shells and its numerical investigation. The case when the area between the shells (the gap) is partially filled with an incompressible fluid is examined. The mathematical model is created based on known assumptions of the theory of flexible shells. Based on numerical methods, the relationship between the frequency of oscillations in the hydro-elastic system on the depth of filling and the thickness of the gap is studied. The results show the possibility of losing the static stability of the hydro-elastic system due to the impact of hydrostatic pressure.

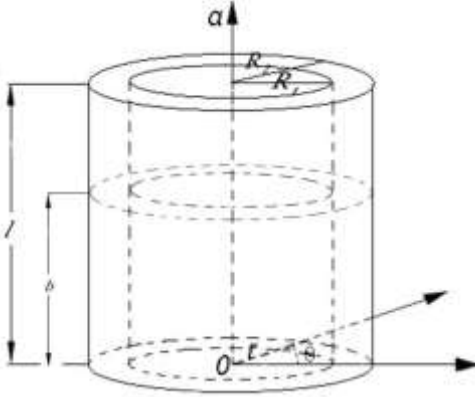
Keywords: Coaxial cylindrical shells, hydro-elastic system, static stability.

Introduction

Various technical designs widely use thin-walled shells, which are either immersed in a fluid or contain fluid inside. The interaction with fluid has a significant effect on the dynamic behavior of the elastic body. There are numerous publications devoted to the study of shells containing fluid. At the same time, cylindrical tanks have been studied in sufficient detail using various analytical and numerical methods, including the finite element method [1-4]. Experimental and theoretical analysis of natural vibrations of such structures is performed in [1,2]. Practically in all the listed studies devoted to partially filled cylindrical shells, due attention was not paid to the natural vibration modes of these designs. These designs were mostly used to determine the corresponding frequencies in the resulting spectrum. However, the asymmetry of the designs leads to singularities, some of which have been experimentally established in [4]. This paper studies these singularities in more detail by suggesting a mathematical formulation and numerical implementation to determine the characteristics of shells with a chosen geometry that are partially filled with fluid.

1. Mathematical modeling and basic equations. Let us consider the problem of oscillations and stability of a coaxial system of two cylindrical shells of finite

lengths l , when the area between the shells (gap) is partially filled with an incompressible fluid of depth b ($b \leq l$). We will use cylindrical coordinates (α, r, θ) , aligning the polar axis α with the axis of the shells.



The investigation is based on the following well-known assumptions:

- a) the Kirchhoff-Love hypothesis of non-deformable normal;
- b) well-known simplifications of the theory of shells with a large variability index;
- c) the fluid between the shells makes a potential movement;
- d) wave motion on the free surface of the fluid has little effect on the

vibration of the shells [5-8].

Based on these assumptions, the system of equations for shell vibrations has the form [9].

$$D_i \Delta^2 w_i - \frac{1}{R_i} \frac{\partial^2 \Phi_i}{\partial \alpha^2} + \rho_i h_i \frac{\partial^2 w_i}{\partial t^2} = Z_i, \quad i = (1, 2),$$

$$\frac{1}{E_i h_i} \Delta^2 \Phi_i + \frac{1}{R_i} \frac{\partial^2 w_i}{\partial \alpha^2} = 0, \quad D_i = \frac{E_i h_i^3}{12(1 - \nu_i^2)}, \quad (1.1)$$

the index $i = 1$ refers to the inner shell and the index $i = 2$ to the outer.

In system (1.1) w_i – deflection, Φ_i – stress functions, R_i – radius, h_i – thickness, E_i – modulus of elasticity, ν_i – Poisson's ratio, ρ_i – density of the material of the i -th shell, Z_i – normally applied external load.

In the case of the considered problem for Z_i from [7] we have

$$Z_i = \begin{cases} (-1)^i \left[-Z_0 + \rho_0 g (b - \alpha) \frac{1}{R_i} \frac{\partial^2 w_i}{\partial \theta^2} \right], & \text{for } 0 < \alpha < b \\ 0, & \text{for } b < \alpha < l. \end{cases} \quad (1.2)$$

where Z_0 is the pressure perturbation of the fluid, g – acceleration of gravity, ρ_0 is the density of the fluid.

From the Cauchy-Lagrange integral we have

$$Z_0 = -\rho_0 \left. \frac{\partial \varphi}{\partial t} \right|_{r=R_i}, \quad (1.3)$$

where φ - potential function of perturbed fluid motion which satisfies the equation

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial \alpha^2} = 0, \quad (1.4)$$

in the region filled with fluid and with the following boundary conditions on the boundary of this region [9]:

$$v_r|_{r=R_i} = \left. \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right|_{r=R_i} = \frac{\partial w_i}{\partial t}, \quad (i = 1, 2), \quad (1.5)$$

$$v_\alpha|_{\alpha=0} = \left. \frac{\partial \varphi}{\partial \alpha} \right|_{\alpha=0} = 0, \quad (1.6)$$

$$\left. \frac{\partial \varphi}{\partial t} \right|_{\alpha=b} = 0. \quad (1.7)$$

To determine the function φ , as follows from (1.5), it is necessary to determine the radial velocities of the shell walls. First of all, let's discuss the forms of displacements of shell surfaces.

Let us assume that the shells are hinged at the ends. Then the solution of system (1.1), which satisfies the known conditions of hinged support, can be written in the form

$$\begin{aligned} w_i &= \cos n\theta \sum_{s=0}^{\infty} W_s^{(i)}(t) \sin \lambda_s \alpha, \\ \Phi_i &= \cos n\theta \sum_{s=0}^{\infty} \Phi_s^{(i)}(t) \sin \lambda_s \alpha, \end{aligned} \quad (1.8)$$

where $\lambda_s = (m+s)\pi/l$, m - is the number of half-waves of the curved surface along the generatrix, n - is the number of waves in the circumferential direction, $W_s^{(i)}(t)$ и $\Phi_s^{(i)}(t)$ - unknown functions.

Based on (1.8), we represent the harmonic function φ in the form

$$\begin{aligned} \varphi &= \cos n\theta \left\{ \sum_{s=0}^{\infty} [A_s(t)I_n(\lambda_s r) + B_s(t)K_n(\lambda_s r)] \sin \lambda_s \alpha + \right. \\ &\quad \left. + \sum_{j=1}^{\infty} [C_j(t)sh\alpha_{nj} + D_j(t)ch\alpha_{nj}] \Psi_n(\alpha_{nj} r) \right\}, \end{aligned} \quad (1.9)$$

where I_n, K_n – Bessel functions of a purely imaginary argument of the first and second kind,

$$\Psi_n(\alpha_{nj}r) = \frac{J_n(\alpha_{nj}r)}{J_n(\alpha_{nj}R_1)} - \frac{Y_n(\alpha_{nj}r)}{Y_n(\alpha_{nj}R_1)} \quad (1.10)$$

J_n, Y_n - are Bessel functions of a real argument of the first and second kind n ; A_s, B_s, C_j, D_j - are some variables that are determined from the surface conditions (1.5) - (1.7); α_{nj} - are the roots of the following transcendental equation

$$J_n'(\alpha_{nj}R_2)Y_n'(\alpha_{nj}R_1) - J_n'(\alpha_{nj}R_1)Y_n'(\alpha_{nj}R_2) = 0. \quad (1.11)$$

By substituting (1.8) and (1.9) into the boundary conditions (1.5) – (1.7) and taking into account (1.11), by the way of orthogonalization we determine the unknowns A_s, B_s, C_j, D_j , which are expressed through the functions $W_s^{(i)}(t)$. Due to this and the representation (1.9), from (1.3) we find the following expressions for the fluid pressure on the shell walls:

$$Z_0^{(i)} = -\rho_0 \cos n\theta \sum_{s=0}^{\infty} \left\{ \left[A_1^{(i)}(s) \sin \lambda_s \alpha + \sum_{j=1}^{\infty} (B_1^{(i)}(s, j) s h \alpha_{nj} \alpha + C_1^{(i)}(s, j) c h \alpha_{nj} \alpha) \right] \frac{d^2 W_s^{(1)}}{dt^2} + \left[A_2^{(i)}(s) \sin \lambda_s \alpha + \sum_{j=1}^{\infty} (B_2^{(i)}(s, j) s h \alpha_{nj} \alpha + C_2^{(i)}(s, j) c h \alpha_{nj} \alpha) \right] \frac{d^2 W_s^{(2)}}{dt^2} \right\}. \quad (1.12)$$

Here

$$A_p^{(i)}(s) = (-1)^{p+1} \frac{K_n'(\lambda_s R_{r^{(p)}}) I_n(\lambda_s R_i) - I_n'(\lambda_s R_{r^{(p)}}) K_n(\lambda_s R_i)}{\lambda_s [I_n'(\lambda_s R_i) K_n'(\lambda_s R_2) - I_n'(\lambda_s R_2) K_n'(\lambda_s R_i)]}, \quad (p = 1, 2; r^{(p)} = 1 + \delta_{1p}),$$

$$B_p^{(i)}(s, j) = (-1)^{p+1} \lambda_s R_p \Psi_n(\alpha_{nj} R_p) \Psi_n(\alpha_{nj} R_i) \Delta^{-1}(s, j),$$

$$C_p^{(i)}(s, j) = (-1)^{p+1} (\lambda_s s h \alpha_{nj} b - \alpha_{nj} \sin \lambda_s b) R_p \Psi_n(\alpha_{nj} R_p) \Psi_n(\alpha_{nj} R_i) (\Delta(s, j) c h \alpha_{nj} b)^{-1},$$

$$\Delta(s, j) = \alpha_{nj} (\alpha_{nj}^2 + \lambda_s^2)^2 \left[\frac{R_2^2}{2} \left(1 - \frac{n^2}{\alpha_{nj}^2 R_2^2} \right) \Psi_n^2(\alpha_{nj} R_2) - \frac{R_1^2}{2} \left(1 - \frac{n^2}{\alpha_{nj}^2 R_1^2} \right) \Psi_n^2(\alpha_{nj} R_1) \right].$$

Substituting (1.8) into the second equation of system (1.1), for the desired function $\Phi_s^{(i)}(t)$ we will have

$$\Phi_s^{(i)}(t) = \frac{E_i h_i}{R_i} \frac{\lambda_s^2}{\left(\lambda_s^2 + \frac{n^2}{R_i^2} \right)^2} W_s^{(i)}(t) \quad (1.13)$$

In this way, all above-used variables are being expressed with the functions $W_s^{(1)}(t)$ и $W_s^{(2)}(t)$.

Based on the Bubnov-Galerkin variational method, to determine $W_s^{(1)}(t)$ и $W_s^{(2)}(t)$, from the first equation of system (1.1) we get the following system of ordinary differential equations:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 W_s^{(1)}}{dt^2} + \Omega_1^2(k, n) W_s^{(1)} + \sum_{s=0}^{\infty} \left(b_{ks}^{(1)} W_s^{(1)} + \frac{d^2}{dt^2} [m_1^{(1)}(k, s) W_s^{(1)} + m_2^{(1)}(k, s) W_s^{(2)}] \right) &= 0, \\ \frac{d^2 W_s^{(2)}}{dt^2} + \Omega_2^2(k, n) W_s^{(2)} + \sum_{s=0}^{\infty} \left(b_{ks}^{(2)} W_s^{(2)} + \frac{d^2}{dt^2} [m_1^{(2)}(k, s) W_s^{(1)} + m_2^{(2)}(k, s) W_s^{(2)}] \right) &= 0, \end{aligned} \quad (1.14)$$

($k = 1, 2, 3, \dots$).

Here

$$\begin{aligned} \Omega_i^2(k, n) &= \frac{D_i}{h_i \rho_i} \left[\left(\lambda_k^2 + \frac{n^2}{R_i^2} \right)^2 + \frac{12(1-\nu_i^2)}{R_i^2 h_i^2} \frac{\lambda_k^4}{\left(\lambda_k^2 + \frac{n^2}{R_i^2} \right)^2} \right], \\ b_{ks}^{(i)} &= (-1)^i \frac{\rho_0 g n^2}{l R_i h_i \rho_i} \left[\frac{1 - \cos(\lambda_s - \lambda_k) b}{(\lambda_s - \lambda_k)^2} - \frac{1 - \cos(\lambda_s + \lambda_k) b}{(\lambda_s + \lambda_k)^2} \right], \\ m_p^{(i)}(k, s) &= (-1)^i \frac{2\rho_0}{l h_i \rho_i} \left\{ A_p^{(i)}(s) \left[\frac{\sin(\lambda_s - \lambda_k) b}{2(\lambda_s - \lambda_k)} - \frac{\sin(\lambda_s + \lambda_k) b}{2(\lambda_s + \lambda_k)} \right] + \right. \\ &+ \sum_{j=1}^{\infty} \left[B_p^{(i)}(s, j) \frac{\alpha_{nj} c h \alpha_{nj} b \sin \lambda_k b - \lambda_k s h \alpha_{nj} b \cos \lambda_k b}{\alpha_{nj}^2 + \lambda_s^2} + \right. \\ &\left. \left. + C_p^{(i)}(s, j) \frac{\lambda_k + \alpha_{nj} s h \alpha_{nj} b \sin \lambda_k b - \lambda_k c h \alpha_{nj} b \cos \lambda_k b}{\alpha_{nj}^2 + \lambda_s^2} \right] \right\}, \end{aligned} \quad (1.15)$$

where $\Omega_1(k, n)$ and $\Omega_2(k, n)$ – are frequencies of natural transverse vibrations of the inner and outer shells, respectively, $b_{ks}^{(i)}$ – are coefficients of hydrostatic pressure of fluid, $m_p^{(i)}(k, s)$ – are coefficients of added masses.

Later we'll consider the case of a one-term approximation ($s = 0$). From the equations (1.14) we have:

$$\begin{aligned} & \left[1 + M_1^{(1)}(m, n)\right] \frac{d^2 W_{mn}^{(1)}}{dt^2} + \Omega_1^2(m, n) W_{mn}^{(1)} + M_2^{(1)}(m, n) \frac{d^2 W_{mn}^{(2)}}{dt^2} + B_{mn}^{(1)} W_{mn}^{(1)} = 0, \\ & \left[1 + M_2^{(2)}(m, n)\right] \frac{d^2 W_{mn}^{(2)}}{dt^2} + \Omega_2^2(m, n) W_{mn}^{(2)} + M_1^{(2)}(m, n) \frac{d^2 W_{mn}^{(1)}}{dt^2} + B_{mn}^{(2)} W_{mn}^{(2)} = 0, \end{aligned} \quad (1.16)$$

where

$$M_q^{(i)}(m, n) = m_q^{(i)}(0, 0), \quad B_{mn}^{(i)} = b_{00}^{(i)}, \quad W_{mn}^{(i)} = W_0^{(i)}, \quad (q = 1, 2).$$

The solution of system (1.16) can be represented by this way

$$W_{mn}^{(1)}(t) = c_{mn}^{(1)} e^{i\omega t}, \quad W_{mn}^{(2)}(t) = c_{mn}^{(2)} e^{i\omega t}, \quad (1.17)$$

Substituting (1.17) into (1.16)

$$\begin{aligned} & c_{mn}^{(1)} \left[\left(\left[\Omega^{(1)}(m, n) \right]^2 + B_{mn}^{(1)} \right) - \left[1 + M_1^{(1)}(m, n) \right] \omega^2 \right] - c_{mn}^{(2)} M_2^{(1)}(m, n) \omega^2 = 0 \\ & c_{mn}^{(2)} \left[\left(\left[\Omega^{(2)}(m, n) \right]^2 + B_{mn}^{(2)} \right) - \left[1 + M_2^{(2)}(m, n) \right] \omega^2 \right] - c_{mn}^{(1)} M_1^{(2)}(m, n) \omega^2 = 0, \end{aligned}$$

and equating the determinant to zero, we obtain the following frequency equation:

$$\begin{aligned} & \left[\left(1 + M_1^{(1)}(m, n) \right) \left(1 + M_2^{(2)}(m, n) \right) - M_1^{(2)}(m, n) M_2^{(1)}(m, n) \right] \omega^4 - \\ & - \left[\left(\left[\Omega^{(1)}(m, n) \right]^2 + B_{mn}^{(1)} \right) \left(1 + M_2^{(2)}(m, n) \right) + \left(\left[\Omega^{(2)}(m, n) \right]^2 + B_{mn}^{(2)} \right) \left(1 + M_1^{(1)}(m, n) \right) \right] \omega^2 + \\ & + \left(\left[\Omega^{(1)}(m, n) \right]^2 + B_{mn}^{(1)} \right) \left(\left[\Omega^{(2)}(m, n) \right]^2 + B_{mn}^{(2)} \right) = 0. \end{aligned} \quad (1.18)$$

If one of the shells is absolutely rigid, then from (1.18) for the oscillation frequency we respectively obtain

$$\omega_{mn}^2 = \begin{cases} \frac{\left[\Omega^{(2)}(m, n) \right]^2 + B_{mn}^{(2)}}{1 + M_2^{(2)}(m, n)}, & \text{for } D_1 = \infty, \\ \frac{\left[\Omega^{(1)}(m, n) \right]^2 + B_{mn}^{(1)}}{1 + M_1^{(1)}(m, n)}, & \text{for } D_2 = \infty. \end{cases} \quad (1.19)$$

The equation (1.18) can be used to approximately research the stability and natural oscillations of the considered hydro-elastic system.

2. Static stability. It is considered the case when the outer shell is absolutely rigid and $b = l$. Then, by using (1.19) and the condition of static stability ($\omega_{mn} = 0$)

to determine the critical length of the shell, at which the loss of stability happens, we get the following equation

$$gl = \frac{A}{n^2} \left\{ \left[n^2 + \left(\frac{m\pi R_1}{l} \right)^2 \right]^2 + \beta \left(\frac{m\pi R_1}{l} \right)^4 \left[n^2 + \left(\frac{m\pi R_1}{l} \right)^2 \right]^{-2} \right\} = Af(m, n), (2.1)$$

where

$$A = \frac{\rho_1}{\rho_0} \frac{c_1^2}{6(1-\nu_i^2)} \left(\frac{h_1}{R_1} \right)^3, \quad \beta = 12(1-\nu_i^2) \left(\frac{R_1}{h_1} \right)^2$$

The greatest interest have those values of the arguments m and n , near which the right side of (2.1) takes its minimum value. It is easy to see that above mentioned part is a monotonically increasing function of m and that's why let's take $m = 1$. Then, minimizing $f(1, n)$ with n , to determine the critical number of waves n_* along the circumference, we get the following equation

$R_1 m$ $h_1 \times 10^3 m$	0.5	1	2
2	2.6 5	1.6 10	0.95 22
3	4.3 3	2.6 7	1.56 15
5	8.1 2	4.9 5	2.93 10
7	12.4 2	7.4 4	4.44 8
10	19.3 1	11.5 3	6.09 5

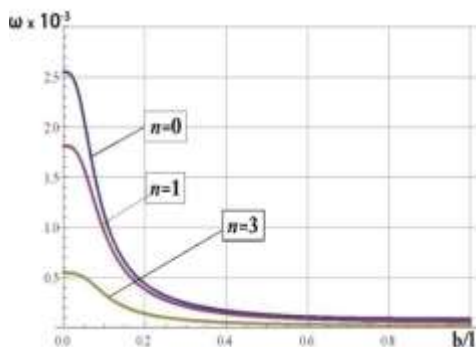
$$n^4 - a_0^4 - \beta a_0^4 \frac{3n^2 + a_0^2}{(n^2 + a_0^2)^2} = 0 \quad (2.2)$$

Equations (2.1) and (2.2) make a system to determine n_* and critical length l_* .

The results of the numerical solution (2.1)–(2.2), in the case of the hydro-elastic system “duralumin shell is water” ($c_1 = 51000\text{m/sec}$, $\rho_0 / \rho_1 = 2.7$, $\nu_1 = 0.3$, $a_0 = \pi R_1 / l$) for different values of h_1 and R_1 , are given in the table.

Where in each lower part of the cell are the critical values of the wave number n_* .

3. Natural oscillations. From (1.19) taking into account (1.15) the values of the oscillation frequencies of the hydro-elastic system were calculated in the case when $D_2 = \infty$.



The calculations were made using the same initial data as in the case of stability when calculating l_* . The results of calculating the value ω depending on b/l are shown in the figure for $m=1$, $R_1=2m$, $l=R_2=2R_1$, and various n . From figure it can be seen that the presence of fluid can lead to a significant change in the oscillation frequency.

REFERENCES

1. Maheri M., Severn R. Dynamic investigations of cylindrical structures in contact with liquid // *Steel Structures: Advances in Design and Construction* / Ed. R. Narayanan. Els. Appl. Sci. Publ., 1987. PP. 643–652.
2. Maxuch T., Horacek J., Trnka J., Vesely J. Natural modes and frequencies of a thin clamped-free steel cylindrical storage tank partially filled with water: FEM and measurement // *J. Sound Vib.* 1996. Vol. 193, No. 3. PP. 669–690.
3. Babu S.S., Bhattacharyya S.K. Finite element analysis of fluid-structure interaction effect on liquid retaining structures due to sloshing // *Comput. Struct.* 1996. Vol. 59, No. 6. PP. 1165–1171.
4. Lakis A., Neagu S. Free surface effects on the dynamics of cylindrical shells partially filled with liquid // *J. Sound Vib.* 1997. Vol. 207, No. 2. PP. 175–205.
5. Mixon John S., Herr Robert W. An investigation of the vibration characteristics of pressurized thin-walled circular cylinders partly filled with liquid. Technical Report, NASA, No. R-145, 1962.
6. Baghdasaryan G.Y., Gnuni V.Ts. Vibrations of cylindrical shell filled with fluid of variable depth. Report AN ArmSSR, vol. XI, No. 4, 1965.
7. Baghdasaryan G.Y. Vibrations of coaxial cylindrical shells with a gap partially filled with liquid. Proc. AN ArmSSR, ser. Phys.-Math. Sci. vol. XXI No. 4, 1968.
8. Vlasov V.Z. General theory of shells and its application in technology. Moscow, Gostekhizdat, 1949.
9. Kubenko V.D., Kovalchuk P.S. Nonlinear Problems of Dynamics of Elastic Shells Partially Filled with Fluid. Applied mechanics, vol. 36, No.4, 2000.

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННОЕ
ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ
КОАКСИАЛЬНЫХ КРУГОВЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ
ОБОЛОЧЕК**

Г.Е. Багдасарян¹, А.Г. Амбарцумян²

¹Институт механики НАН РА, ²Российско-Армянский (Славянский) университет

АННОТАЦИЯ

В данной статье излагается метод математического моделирования задачи колебаний и устойчивости коаксиальных круговых цилиндрических оболочек, частично заполненных жидкостью. Математическая модель задана посредством краевой задачи для системы уравнений в частных производных, и проведено ее численное исследование. Предполагается, что область между оболочками частично заполнена несжимаемой жидкостью. При математическом моделировании рассмотренной задачи использована теория гибких оболочек. Применением модифицированных численных методов рассмотрено поведение частоты колебаний коаксиальных оболочек от высоты жидкости и толщины зазора. Установлена возможность потери статической устойчивости рассмотренной гидроупругой системы.

Ключевые слова: коаксиальные цилиндрические оболочки, гидроупругая система, статическая устойчивость.

TELEPORTING VIRTUAL MACHINES ACROSS PUBLIC NETWORKS

N. Galstyan

University of California, Berkeley

ABSTRACT

In this work I survey prior work on live virtual machine migration, motivate the need for a more performant approach and justify its possibility with today's hardware. I outline the design of the system I built which enables live VM migration across public clouds. I dive deep into some of the challenges with a particular focus on the challenge of network connectivity. I explore ways to provide continuous connectivity to virtual machines while migrating them across public clouds (and necessarily changing their IP addresses). I conclude with potential future work directions and applications the approach enables.

1. Introduction

Live Migration of Virtual Machines has been researched [8] in academia and deployed in industry. Past research in the area has showed that changing the host of a VM is viable in production in a wide range of settings. Nowadays such live migrations are an important part of datacenters and help provide seamless physical node maintenance. However, live migration has historically been an expensive operation and so is usually used as a last resort. With new very lightweight virtual machine managers live migration is no longer expensive and may be viable for load balancing and for improving data locality.

In this paper I explore the possibility of performing live migration for load balancing, resource availability and data locality. I concentrate on live migration for the most general case in which source and destination machines are not in the same local private network. I build a proof of concept and provide evaluation for it.

2. Related work

Wide area or long-haul live migration has been explored in the past [12, 14, 15] but all of these past approaches emulate a virtual private network over the wide area instead of designing a new solution that better meets WAN characteristics. Some of these emulate a private network in ethernet or IP layer and others do transport layer rerouting (hairpinning). vMotion solution, for example, creates a layer 2 virtual network while other proposals keep the source host public IP address after migration and reroute all traffic through the old public egress. These approaches result in very

inefficient traffic routes and it seems they are widely adopted in all these works solely because they are simple to implement.

Prior work concentrates on migrating VMs with large local RAM and storage (contents of which must be copied over during migration). This is probably because at the time of conducting these experiments (2010s) all VMs had these characteristics. But with the rise of serverless computing and transparent remote memory [6], VMs with small local memory and storage footprint become commonplace. This trend significantly reduces the cost of live VM migration.

C et. al [13] show that the VMs with smaller local memory can stay performant for a wide range of compute and memory intensive applications. The authors augment a small local memory of the virtual machine with distributed remote memory. During live migration they only need to copy over a small set of local memory pages thereby enabling cheap migrations. At the same time, their small VMs can still host workloads with large RSS due to app-transparent remote memory.

Firecracker VMM [5] leverages host machine POSIX api and enables cheap in-process Linux virtualization and VM snapshotting. The VMM is the engine behind Amazon Lambda and Fargate. Though originally developed for serverless functions, it is a general purpose VMM and I will use it in this project to spin up, snapshot and migrate virtual machines across public networks.

Motivation

Given the overheads of migrating large virtual machines, it is safe to assume large cloud providers will not adopt it as a load-balancing or resource utilization improvement strategy. For general purpose machines migration costs will almost always surpass the benefits of improved utilization. However, for bursty native applications VM-level load balancing may be the cleanest option. Kubernetes and other cluster schedulers offer dynamic app scaling and load balancing. However, the cluster schedulers operate at a much higher level in the stack and as a result are unable to host certain classes of applications or offer pauseless user-experience during load balancing. Live migration in VM level can address these shortcomings as unlike containerized app scaling (which often requires container restart), VM migration is transparent to the applications.

ReplIt [3] is an example of an end-to-end application that may benefit greatly from live VM migration support. The platform offers containerized development environments to end users which support both compiled and interpreted languages. As is the case in a typical development environment, replIt containers are idle most of the time and need resources only for compiling and running user applications. Cur-

rently the platform offers 0.2-0.5vCPUs per end user regardless of the workload running in the container. Had the underlying engine of ReplIt supported live migration, the platform could offer 0.2vCPUs to users when containers are mostly idle and automatically scale up available resources by migrating the VM to a more performant and available hardware host. This would not change overall resource demand from ReplIt but would provide a better user experience. Even if not used directly, an engine supporting live VM migration across public networks could be a useful tool for network routing and connectivity experiments. For example, it could be used to discover active middleboxes along a route as those would prevent a seamless continuation of existing connection-based network flows after the migration.



Fig. 1. System architecture for allowing live migration. Digital Ocean droplets and Amazon AWS ec2 instances are used as distinct public cloud entities. Firecracker provides a unified hypervisor on top and the orchestrator developed as part of this project monitors, snapshots, migrates virtual machines between DO and AWS hosts.

3. Methods and system design

To evaluate viability of live migration of virtual machines across public clouds, I built an orchestrator on top of Firecracker VMM that simultaneously operates on compute instances in Amazon AWS and Digital Ocean. The main components of the system are custom orchestrator, Firecracker and connection tracking utilities. Firecracker provides kvm API for guests and VM snapshotting.

With these components the system allows to start a guest virtual machine in one cloud provider (e.g. DO) and seamlessly migrate it to another cloud provider (e.g. AWS) without breaking incoming (SSH, telnet) or outgoing (http, web server) VM connectivity. A demo video of the system [11] provides an overview of all these in action. The video starts a virtual machine in one cloud and runs several applications inside the virtual machine which include ping, location service and cpu stress test. CPU stress helps demonstrate which physical host the VM is on while location service reveals the physical location and public IP of the machine. During migration the screen

freezes for a moment because the VM is paused then. But after the pause all applications launched before the migration continue execution and the location service reveals changed public IP address.

The most challenging aspect of live migration demoed in the linked video was maintaining seamless continuous operation of networked applications inside the VM. The following section describes challenges and implemented solutions for continuous network connectivity.

4. Network connectivity

The main challenge with WAN migration is that existing network connections are tied to the public IP of the virtual machine as well as NAT state inside the private network gateway firewall. Since traditionally TCP ties connection identity to source and destination IP pairs, it would be impossible to maintain TCP connections during VM migration.

Even maintaining UDP flows during live migration is not trivial. For connection-less (UDP, ICMP, QUIC) flows in the case when the moving VM is a client, no additional work is needed to maintain flow migration. However, connection-less flows destined to the VM must be handled as a special case since the VM is no longer attached to its old public IP address that is known by out-of-network client. One of the tasks of orchestrator in the above system is to take care of this through private network firewall rules. The orchestrator uses iptables and NAT state tracking to re-route existing open flows from old vm network to the newly migrated location in IP layer. With this the system support application transparent UDP flow migration.

This is not very satisfactory since most internet traffic is connection oriented and transported with TCP. There are 4 main ways to allow for connection oriented flows that survive live migration.

- **BGP:** One could simply readvertise the old VM public IP from its new location and have BGP converge to the new equilibrium. However, this is not a desirable way to ensure continuous TCP flows and is impossible to do under my experimental setup. This is not desirable for many reasons: BGP takes a long time to converge, VMs often do not control their public IPs and are often behind NATs, active middleboxes on the flow path may not recognize TCP flows and break them.

- **Transport over UDP:** Leveraging end to end principle, we can encapsulate TCP traffic in UDP packets. This is the approach taken in many production systems that face a similar challenge (Wireguard VPN [9] is a prominent example).

A related option is to re-implement existing TCP-based protocols over UDP. Mosh [16] uses this approach and implements the SSH protocol over UDP to support mobile clients and connectivity interruptions. Mosh provides a continuous

shell experience and avoids timeoutseven after long periods of inactivity or change of public IP. The system demo above uses Moshto maintain a live shell.

- **QUIC:** QUIC is a proposed replacement of the transport layer TCP. It is built on UDP but provides congestion control, ACKs and other features offered by TCP. QUIC is implementedin Google Chrome and Youtube uses it for video traffic. QUIC traffic survives live migrationin my experimental setup though most clients and servers still do not support it out of the box.

- **MPTCP:** Multipath TCP is an extension of TCP protocol that decouples flows from IP addressesthereby allowing for changing IP and spreading a flow over multiple src IP-dest IP pairs. Initial motivation of MPTCP was to enable multihoming and improve client network utilization when multiple network interfaces are available (e.g. wifi+cable). The biggest deployer of MPTCP is Apple which uses The TCP extension to speed up Siri on iPhones [?]. There is nothing in the MPTCP protocol restricting it to the client side network multiplexing so we can use the TCP extension to migrate TCP flows from old public IP of a virtual machine to the new IP address after the migration. This never worked in my setting and potential reasons for it will be explored in the next section.

5. Evaluation and results

- **Experimental Setup:** The source and destination nodes for live migration were AWS EC2 and Digital Ocean (DO) droplets. DO instance was a 4vCPU general purpose droplet equipped with 4 GB DRAM and Intel(R) Xeon(R) Gold 6140 CPU @ 2.30GH processor. AWS instancewas m5.metal bare metal instance with 128 vCPUs, 512 GB DRAM and Intel(R) Xeon(R) CPUE5-1680 v2 @ 3.00GHz. DO instance was located in a datacenter in New Jersey and the AWSinstance was in US West Region.

The guest VM being migrated across these machines used a custom file system and init systembased on Linux Alpine distribution. For different experiments Linux kernel 4.11.00 and

5.4.00 were used. As MPTCP is not supported in upstream Linux kernel, for MPTCP-relatedexperiments newest version of MPTCP project's custom kernel [2] was compiled and used. Note that DO and AWS machines do not have identical CPUs. Live migration worked properlydespite this since the system used KVM-based virtualization which produces snapshots that areindependent from specific CPU intrinsics.

- **Applications:** In order to make sure live migration is truly transparent to applications, I performed live migration while running different workloads inside the migrated VM. CPU stress test and a memory heavy synthetic application made sure CPU state and memory werereplicated correctly. a UDP based file download made sure disc-state was replicated properlyduring the migration. Lastly, a range of network

applications including ping, traceroute, geo-IP, Mosh, curl etc. made sure the VM maintained connectivity to external networks and apps werenot interrupted because of it.

- **Performance:** VM snapshotting in Firecracker had 10ms of overhead. This is the time it takes to pause the guest VM, record its CPU and RAM state and spill it to a file. Resuming the virtual machine from such snapshot took another 3ms. For live migration the bulk of VMdowntime was spent in VM image transfer from one host to another. In my experimental setupthis transfer took 1-2 seconds. While for the experiments I already compressed files before transfer and minimized the number of connections, there is ample room for improvements here. However, given that in my experimental setup hosts are in opposite costs of the US, VM state transfer time will always dominate overall downtime caused by live migration.

5.1 MPTCP for Live migration

As mentioned in previous section, multipath TCP was a one of the candidates that would allow seamless TCP connection migration in the face of changing public IP addresses. The mechanism here is not very different from traditional uses of multipath TCP: when opening a new connection,the VM (as a client or as a server) would negotiate MPTCP flow through *MP_CAPABLE* TCP option. When MPTCP supported operating system is used, this is transparently done by the OS for the application. Then the VM uses TCP as usual to send and receive packets over its only network interface. After the VM migration, the IP of its network internet changes which triggers the OS to send an *MP_JOIN* MPTCP request to transfer TCP flow over the new interface. This is the key to continuous TCP connections and should be all that is necessary. However, in the experimental setup described above this never worked

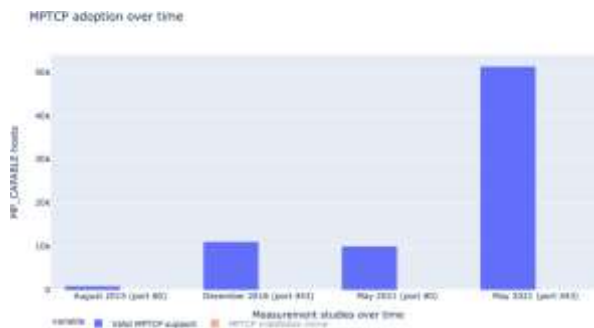


Fig. 2. MPTCP extension support in IPv4 hosts over time: first two bars are from previous similar scanning studies as reported by Multipath TCP blog authors [7]. Last 2 bars are from my own measurements on ports 80 and 443 of IPv4 addresses.

5.2 Middleboxes and MPTCP

It is hard to know for sure why the approach described above did not work. Though the most likely reason seems to be middlebox interference. When end-hosts understand MPTCP, they can successfully switch the IP layer information TCP packets are carried over. But middle hops involved in the flow do not always understand MPTCP and often keep track of connection state of flows they are propagating. So, if after live migration the TCP flow has to go through a middlebox that was not part of the original flow, that middlebox is likely to terminate the connection as it is asked to carry packets about a flow it has no information about. This is particularly likely in my experimental setup as host machines are in opposite coasts of the US and live migration is almost guaranteed to take the flow through a different set of middleboxes.

Note that traditional uses of MPTCP (multihoming, wifi+mobile combination) also face the threat of similar interference from middleboxes. As MPTCP gains larger adoption, this will hopefully become less of an issue.

5.3 MPTCP adoption in the wild

To quantify the rate of MPTCP support adoption in the internet, I extended ZMap [4] to scan for MPTCP compatible hosts in all of IPv4. ZMap is a single packet network scanner that allows to discover active hosts through SYN+SYNACK packet exchange.

I extended [10] ZMap SYN scanner to include MPTCP extension to TCP packet which signals the server about client MPTCP support. As described in TCP extension RFC8684 [1], server response to such TCP packets should indicate whether or not the server supports the protocol extension.

Findings from this measurement study of IPv4 address space are summarized in Figure 2. The figure shows that number of hosts supporting MPTCP extension has increased significantly in last 5 years. This is a better result than one would expect since the protocol extension is not shipped with mainline Linux kernels and therefore is not part of router OS distributions by default. However, it seems that some router vendors have back-ported MPTCP protocol to their OS distributions and have enabled it in their hosts.

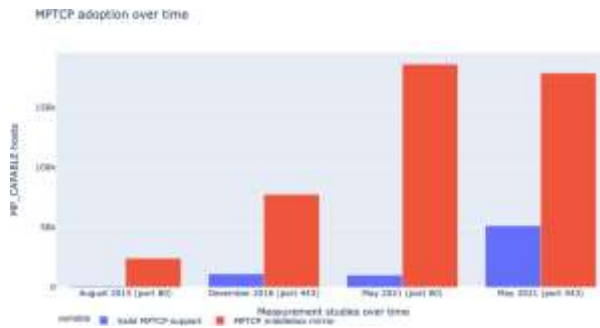


Fig. 3. *MPTCP incompatible and mirroring middleboxes in IPv4 hosts over time: first two bars are from previous similar scanning studies as reported by Multipath TCP blog authors [7]. Last 2 bars are from my own measurements on ports 80 and 443 of IPv4 addresses.*

Unfortunately, over last 5 years number of middleboxes that simply mirror the MPTCP extension without understanding it have also increased. These middleboxes are likely to negatively affect MPTCP support since instead of just passing the TCP options forward, they mirror it back to the sender. Figure 3 shows in red the number of MPTCP mirroring hosts over time. For comparison, bars for MPTCP compatible hosts are also included.

In short, MPTCP support has improved over time and is likely to accelerate as the extension becomes part of mainline Linux kernel. So, in the future live VM migration across networks that leverages MPTCP for continuous connectivity is more likely to succeed. Overall, in this work I made the following contributions:

- Built a prototype which demonstrates viability of transparent live migration of virtual machines across public networks even when applications inside the VM use the external network and have state associated with it.
- Outlined practical challenges for using MPTCP to migrate TCP connections with the VM
 - Built a module [10] for Zmap [4] that SYN-SCANS a host and determines whether it supports multipath TCP
 - Scanned all of IPv4 for multipath TCP compatible hosts and middleboxes.

6. Future work

Below are some directions that might be worth exploring further:

- **Different Environmental setup:** In the experimental setup host machines were in opposite coasts of the US. It would be interesting to consider a different setup where host machines are closer together and therefore are more likely to share next-

hops for TCP flows. If in such setup MPTCP worked for live migration, I could confirm the hypothesis that current issues are result of active middlebox interference.

- **Plot geolocation of MPTCP hosts:** My IPv4 scan gave me a list of IP addresses that support MPTCP extension. Anecdotal exploration of these hosts revealed many interesting features about them (e.g. many were in Europe and hosted openwrt routers). it would be interesting to explore the features of these hosts further and maybe even plot a geographic map of MPTCP supporting hosts.

- **Continuous IPv4 scans:** when looking for internet measurement datasets over time, I found very little data. Many of the experiments were not repeated after the original research was over. As a result, it was really hard to compare trends over time. For example, as you can see in the figures above, two previous studies I mentioned only scanned port 80 or port 443 and so are not directly comparable with each other. It would be interesting to create a set of probes with zmap that scan all of internet periodically so later researchers have easier time identifying trends and exploring internet-wide shifts. Scanning all of IPv4 took about 10 hours with 5gbps network so it is totally feasible to such scanning in monthly or lower granularity.

7. CONCLUSION

In this work I explored the feasibility of VM live migration across public networks in face of changing public IP addresses and open connection flow paths. I built a prototype which enabled live migration without disrupting user connection to the VM or UDP based application flows. The prototype system did not support TCP flow migration and broke all TCP connections during live migration. I explored MPTCP adoption to try to explain why the system behaved this way.

REFERENCES

1. TCP Extensions for Multipath Operation with Multiple Addresses here. (2020). <https://data-tracker.ietf.org/doc/html/rfc8684>
2. Linux out-of-tree kernel with MPTCP support here. (2021). <https://github.com/bluca/mptcp>
3. ReplIt: Code, create, and learn together here. (2021). <https://replit.com>
4. David Adrian, Zakir Durumeric, Gulshan Singh, and J Alex Halderman. 2014. Zippier zmap: internet-widescanning at 10 gbps. In *8th {USENIX} Workshop on Offensive Technologies ({WOOT} 14)*.
5. Alexandru Agache, Marc Brooker, Alexandra Iordache, Anthony Liguori, Rolf Neugebauer, Phil Piwonka, and Diana-Maria Popa. 2020. Firecracker: Lightweight virtualization for serverless applications. In *17th {usenix} symposium on networked systems design and implementation ({nsdi} 20)*. 419–434.
6. Emmanuel Amaro, Christopher Branner-Augmon, Zhihong Luo, Amy Ousterhout, Marcos K Aguilera, Aurojit Panda, Sylvia Ratnasamy, and Scott Shenker. 2020. Can far memory improve job throughput?. In *Proceedings of the Fifteenth European Conference on Computer Systems*. 1–16.

7. Olivier Bonaventure. 2018. Which servers use Multipath TCP ? here. (2018). <http://blog.multipath-tcp.org/blog/html/index.html>
8. Christopher Clark, Keir Fraser, Steven Hand, Jacob Gorm Hansen, Eric Jul, Christian Limpach, Ian Pratt, and Andrew Warfield. 2005. Live migration of virtual machines. In *Proceedings of the 2nd conference on Symposium on Networked Systems Design & Implementation-Volume 2*. 273–286.
9. Jason A Donenfeld. 2017. WireGuard: Next Generation Kernel Network Tunnel.. In *NDSS*.
10. Narek Galstyan. 2021. Contribution to Zmap implementing MPTCP probe here. (2021). <https://github.com/zmap/zmap/pull/653>
11. Narek Galstyan. 2021. VM live demo, Accessed From here. (2021). <https://youtu.be/EMIxIo6yBLw>
12. Russell Housley, Scott Hollenbeck, et al. 2002. EtherIP: Tunneling ethernet frames in IP datagrams. *RFC 3378*
13. (2002).
14. Changyeon Jo, Hyunik Kim, and Bernhard Egger. 2020. Instant Virtual Machine Live Migration. In *International Conference on the Economics of Grids, Clouds, Systems, and Services*. Springer, 155–170.
15. Alan Murphy. 2011. Enabling long distance live migration with F5 and VMware vMotion. *F5 Netw., Inc., Seattle, WA, USA, White Paper* (2011).
16. Franco Travostino, Paul Dasplit, Leon Gommans, Chetan Jog, Cees de Laat, Joe Mambretti, Inder Monga, Bas van Oudenaarde, Satish Raghunath, and Phil Yonghui Wang. 2006. Seamless live migration of virtual machines over the MAN/WAN. *Future Generation Computer Systems* 22, 8 (2006), 901–907. <https://doi.org/10.1016/j.future.2006.03.007>
17. Keith Winstein and Hari Balakrishnan. 2012. Mosh: An interactive remote shell for mobile clients. In *2012 {USENIX} Annual Technical Conference ({USENIX}{ATC} 12)*. 177–182.

ТЕЛЕПОРТИРОВКА ВИРТУАЛЬНЫХ МАШИН ПО ОБЩЕСТВЕННЫМ СЕТЯМ

Н. Галстян

Калифорнийский университет, Беркли

АННОТАЦИЯ

В этой статье рассматривается работа по миграции виртуальных машин, мотивируется потребность в более производительном подходе и оправдываются его возможности современным оборудованием. Описывается дизайн созданной нами системы, которая позволяет миграцию виртуальных машин в режиме реального времени между общедоступными облаками. Происходит глубокое погружение в некоторые из проблем, уделяется особое внимание проблеме подключения к Сети. Изучаются способы обеспечения непрерывного подключения к виртуальным машинам во время миграции в общедоступные облака (и обязательном изменении их IP-адресов), заканчивая потенциальными будущими направлениями работы и приложениями, которые возможны при этом подходе.

О СИЛЬНЫХ РЕБЕРНЫХ РАСКРАСКАХ БЛОКОВЫХ ГРАФОВ

А.К. Драмбян¹, П.А. Петросян^{1,2}

¹*Российско-Армянский университет*

²*Ереванский государственный университет*

ardrambyan@student.rau.am, petros_petrosyan@ysu.am

АННОТАЦИЯ

Функция $f: E(G) \rightarrow N$ называется реберной раскраской графа G . Реберная раскраска f графа G называется «сильной», если любые два ребра, находящиеся на расстоянии 0 или 1, окрашены в различные цвета. Наименьшее число цветов, необходимое для сильной реберной раскраски графа G , называется «сильным хроматическим индексом» и обозначается $\chi'_s(G)$. В настоящей работе показано точное значение сильного хроматического индекса для блокковых графов в частном случае.

Ключевые слова: реберная раскраска, сильная реберная раскраска, сильный хроматический индекс.

Введение

Пусть G – неориентированный граф без кратных ребер и петель, $V(G)$ – множество вершин графа G , $E(G)$ – множество ребер графа G . Обозначим через $\Delta(G)$ максимальную из степеней вершин графа G . Неопределяемые понятия и обозначения можно найти в [1].

Реберная раскраска f графа G называется «сильной», если любые два ребра, находящиеся на расстоянии 0 или 1, окрашены в различные цвета. Наименьшее число цветов, необходимое для сильной реберной раскраски графа G , называется «сильным хроматическим индексом» и обозначается $\chi'_s(G)$. Определение сильной реберной раскраски графа было введено в [2]. В частности, Эрдешем и Нешетрилом была предложена следующая гипотеза.

Гипотеза (Эрдеш и Нешетрил, 1985): Для любого графа G справедливо:

$$\chi'_s(G) \leq \begin{cases} \frac{5\Delta(G)^2}{4}, & \text{если } \Delta(G) \text{ четное} \\ \frac{5(\Delta(G)^2 - 2\Delta(G) + 1)}{4}, & \text{если } \Delta(G) \text{ нечетное} \end{cases}$$

Гипотеза была доказана для $\Delta(G) \leq 3$ [3, 6]. Для графов G с $\Delta(G) = 4$, Крентон [4] показал, что $\chi'_s(G) \leq 22$.

Основной результат

Вершина v графа G называется «шарниром», если подграф G_1 , полученный из графа G удалением вершины v и всех инцидентных ей ребер, состоит

из большего количества компонент связности, чем исходный граф G . Связный граф, не содержащий шарниров, называется «двусвязным». Максимальные по включению двусвязные подграфы исходного графа называются «компонентами двусвязности» или «блоками». Граф называется «блоковым», если его каждая компонента двусвязности является полным графом. Множество блоковых графов, для которых количество вершин в наибольшем блоке равняется k , обозначим через B_k . Количество различных ребер инцидентных вершинам блока назовем степенью блока. Максимальную из степеней блока для данного графа G обозначим через $\Delta(G)_{BCC}$.

Теорема. Пусть G блоковый граф из B_3 или B_4 . Тогда:

$$\chi'_s(G) = \Delta(G)_{BCC}.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. West D. Introduction to Graph Theory – Prentice-Hall, New Jersey, 2001.
2. Fouquet J., Jolivet J. Strong edge-coloring of graphs and applications to multi-k-gons. *Ars Combinatoria*, 16A:141–150, 1983.
3. Andersen L. The strong chromatic index of a cubic graph is at most 10. Topological, algebraical and combinatorial structures. Frolík's memorial volume. *Discrete Math.* 108 (1992), no. 1–3, 231–252.
4. Cranston D.W., Strong edge-coloring of graphs with maximum degree 4 using 22 colors. *Discrete Math.* 306 (2006), no. 21, 2772–2778.
5. Faudree R., Schelp R., Gyarfás A., Tuza Zs. The strong chromatic index of graphs, *Ars Combinatoria* 29B, 1990. PP. 205-211.
6. Horák P., He. Q., Trotter W. Induced matchings in cubic graphs *J. Graph Theory* 17 (1993), no. 2, 151–160.

ON STRONG EDGE-COLORINGS OF BLOCK-GRAPHS

A.K. Drambyan¹, P.A. Petrosyan^{1,2}

¹Russian-Armenian University

²Yerevan State University

ABSTRACT

A function $f: E(G) \rightarrow N$ is called an edge-coloring of a graph G . An edge-coloring f of G is strong, if for every pair of edges at distance at most 2 receives different colors. The smallest number of colors needed for a strong edge-coloring of G is called a strong chromatic index and denoted by $\chi'_s(G)$. In this paper we show the exact value of strong chromatic index for block graphs is special cases.

Keywords: edge-coloring, strong edge-coloring, strong chromatic index.

ПОРЯДОК МУЛЬТИПЛИКАТОРА ШУРА СВОБОДНОЙ ГРУППЫ БЕРНСАЙДА ПЕРИОДА 3

М.Р. Карапетян

Российско-Армянский (Славянский) университет

marina.karapetyan@rau.am

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе показано, что порядок мультипликатора Шура свободной конечной группы Бернсайда периода 3 с t порождающими равен $3^{2c_m^2+4c_m^3+3c_m^4}$.

Ключевые слова: свободная группа Бернсайда, мультипликатор Шура, базисный коммутатор.

Введение

Мультипликатор Шура $M(G)$ – конечной группы G является конечной «абелевой» группой. В данной работе изучается мультипликатор Шура свободной конечной группы Бернсайда периода 3 с t порождающими

$$M(B(t, 3)) = F_m^3 \cap [F_m, F_m] / [F_m^3, F_m]$$

Основные определения

Рассмотрим слова вида $b_1 b_2 \dots b_n$, где каждый символ b представляет одну из букв x_1, x_2, \dots, x_r . *Формальные коммутаторы* и их веса определяются следующим образом:

- 1) $c_i = x_i, i = 1, \dots, r$ – коммутатор веса 1, т.е. $\omega(x_i) = 1$,
- 2) Если c_i и c_j – коммутаторы, то $c_k = [c_i, c_j]$ – коммутатор и $\omega(c_k) = \omega(c_i) + \omega(c_j)$.

Скажем, что слово $c_{i_1} c_{i_2} \dots c_{i_m}$, составленное из коммутаторов, *собрано*, если $i_1 \leq i_2 \leq \dots \leq i_m$, т.е. если коммутаторы расположены в порядке возрастания индексов слева направо. Произвольное слово из коммутаторов:

$$c_{i_1} c_{i_2} \dots c_{i_m} c_{i_{m+1}} \dots c_{i_n}$$

содержит собранную часть $c_{i_1} c_{i_2} \dots c_{i_m}$, где $i_1 \leq i_2 \leq \dots \leq i_m$ и $i_m \leq i_j, j = m + 1, \dots, n$, и несобранную часть $c_{i_{m+1}} \dots c_{i_n}$, где i_{m+1} уже не наименьший из индексов $i_j, j = m + 1, \dots, n$. Собранная часть слова $c_{i_1} c_{i_2} \dots c_{i_m}$ пуста, если только i_1 – не наименьший из индексов ([1], глава 11).

Собирательный процесс состоит в том, чтобы коммутатор с наименьшим индексом несобранной части слова сделать первым в несобранной части. Это можно сделать по следующим формулам [1]:

- 1) $vu = uv[v, u]$
- 2) $vu^{-1} \equiv u^{-1}v \cdot v_2v_4 \dots v_5^{-1}v_3^{-1}v_1^{-1} \pmod{F_{k+1}}$
- 3) $v^{-1}u \equiv uv^{-1}\omega_2\omega_4 \dots \omega_3^{-1}\omega_1^{-1} \pmod{F_{k+1}}$
- 4) $v^{-1}u^{-1} \equiv u^{-1}v_1v_3v_5 \dots v_4^{-1}v_2^{-1}v^{-1} \pmod{F_{k+1}},$

где F_{k+1} – $(k + 1)$ -й член нижнего центрального ряда группы F , $v_0 = v$ и $v_{t+1} = [v_t, u]$, $\omega_1 = [v, u]$, $\omega_{t+1} = [\omega_t, v]$.

$v_1 = [v, u]$, $v_2 = [v_1, u]$, $v_3 = [v_2, u]$...

$\omega_1 = [v, u]$, $\omega_2 = [\omega_1, v]$, $\omega_3 = [\omega_2, v]$...

Коммутаторы, которые могут возникнуть в собирательном процессе, называются *базисными*.

Базисные коммутаторы группы F с образующими x_1, x_2, \dots, x_r определяются следующим образом:

- 1) $c_i = x_i, i = 1, \dots, r$ – базисные коммутаторы веса один, $\omega(c_i) = 1$.
- 2) Пусть базисные коммутаторы весов, меньших n , уже определены. Тогда базисными коммутаторами веса n являются коммутаторы $c_k = [c_i, c_j]$, где а) c_i и c_j – базисные коммутаторы и $\omega(c_i) + \omega(c_j) = n$, б) $c_i > c_j$, а если $c_i = [c_s, c_t]$, то $c_j \geq c_t$.

3) Коммутаторы веса n следуют за коммутаторами весов меньших n , и между собой они упорядочены произвольным образом. Базисные коммутаторы считаем пронумерованными так, что они упорядочены по индексам.

Итак, повторное применение замен приводит к записи произвольного элемента f группы F в виде слова из базисных коммутаторов:

$$f = c_1^{e_1} c_2^{e_2} \dots c_t^{e_t} \pmod{F_{k+1}},$$

где c_1, \dots, c_t – базисные коммутаторы весов $1, 2, \dots, k$.

Основные результаты

По определению мультипликатора Шура группы Бернсайда периода 3, любое его слово может быть представлено как в виде произведения кубов, так и в виде произведения коммутаторов. Отсюда следует, что циклическое вращение любого слова из мультипликатора Шура совпадает с ним.

Слова мультипликатора Шура группы Бернсайда периода 3 с двумя порождающими $\{a, b\}$ можно разложить на произведение коммутаторов вида: $[b, a]$, $[b, a^{-1}]$, $[b^{-1}, a]$, $[b^{-1}, a^{-1}]$. Такие коммутаторы коммутируют в группе Бернсайда периода 3. Также кубы таких коммутаторов равны единице в группе Бернсайда периода 3. Следовательно, куб любого слова мультипликатора Шура равен единице.

Аналогичные рассуждения верны для мультипликатора Шура группы Бернсайда периода 3 с t порождающими. Сумма степеней каждой образующей буквы $B(t, 3)$ в слове из мультипликатора Шура равна нулю. Поэтому при применении собирательного процесса над словами мультипликатора Шура остаются только базисные коммутаторы веса ≥ 2 . В частности, для мультипликатора Шура группы Бернсайда периода 3 с двумя порождающими $\{a, b\}$, остаются только следующие базисные коммутаторы веса 3: $[[b, a], a]$, $[[b, a], b]$. Для мультипликатора Шура группы Бернсайда периода 3 с тремя порождающими $\{a, b, c\}$, кроме базисных коммутаторов веса 3, остаются только следующие базисные коммутаторы: $[[[c, a], b], c]$, $[[[c, a], b], b]$, $[[[b, a], c], c]$, $[[b, a], c] \cdot [[c, a], b]$. Для мультипликатора Шура группы Бернсайда периода 3 с четырьмя порождающими $\{a, b, c, d\}$, кроме базисных коммутаторов веса 3 и 4, описанных выше, остаются только следующие базисные коммутаторы веса 4: $[[[d, a], b], c]$, $[[[b, a], c], d]$, $[[[c, a], b], d]$. Базисные коммутаторы большего веса будут равны единице в мультипликаторе Шура, так как они будут содержать базисный коммутатор меньшего веса, который является словом в мультипликаторе Шура.

Итак, порядок мультипликатора Шура свободной группы Бернсайда периода 3 с образующими $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ равен $3^{2C_m^2 + 4C_m^3 + 3C_m^4}$, а образующие элементы имеют вид:

$$\begin{aligned} & [[x_j, x_i], x_i], [[x_j, x_i], x_j], \\ & [[[[x_k, x_i], x_j], x_k], [[x_k, x_i], x_j], [[[[x_j, x_i], x_k], x_k], \\ & \quad [[x_j, x_i], x_k] \cdot [[x_k, x_i], x_j], \\ & [[[[x_l, x_i], x_j], x_k], [[[[x_j, x_i], x_k], x_l], [[[[x_k, x_i], x_j], x_l], \end{aligned}$$

где $i < j < k < l$.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Холл. Теория Групп, М., ИЛ, 1962.

**THE SCHUR MULTIPLIER ORDER OF THE FREE BURNSIDE
GROUP OF PERIOD 3**

M. Karapetyan

*Russian-Armenian (Slavonic) University
marina.karapetyan@rau.am*

ABSTRACT

In this paper shown that the Schur multiplier order of the free Burnside Group period 3 with rank m equals

$$3^2C_m^2 + 4C_m^3 + 3C_m^4.$$

Keywords: free Burnside group, Schur multiplier, basic commutator.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ В ВУЗЕ

А.С. Овакимян, Н.Г. Палян

*Российско-Армянский (Славянский) университет
anna.hovakimyan@rau.am, npalyan@gmail.com*

АННОТАЦИЯ

В данной статье речь идет о том, что в настоящее время большое внимание уделяется обучению и тестированию знаний студентов в интерактивных инструментальных средах (Moodle, WebCT, Blackboard, Classroom, Coursera, Hot Potatoes, e-judge и др.). Эти системы позволяют собрать большой объем данных по учебному процессу. Интеллектуальная обработка таких данных позволит получить информацию об эффективности организации учебного процесса и принятию решений по его дальнейшей оптимизации в соответствии с образовательными целями.

В статье предлагается методика анализа данных, предоставленных системой e-judge по проверке знаний студентов по программированию.

Ключевые слова: образовательная траектория студента, Data Mining, Process Mining, кластеризация данных.

Введение

В настоящее время образовательные учреждения и учебные центры собирают и хранят огромное количество данных, относящихся к учебному процессу. Это – данные о посещаемости студентов, о результатах различных типов контроля знаний, информация об образовательной траектории студента, карты о степени достижения студентами окончательных учебных целей, заявленных в образовательных программах, результаты защиты научно-исследовательских и дипломных проектов и т.д.

Для оценки и обеспечения качества образования в учебных заведениях проводятся опросы студентов по самым разным критериям, относящимся к вопросам организации образовательного процесса, качества преподавания изучаемых дисциплин, методов обучения. Собирается информация о мнениях студентов и преподавателей об эффективности методов оценки знаний, умений и компетенций студентов, о степени удовлетворенности участников образовательных процессов: преподавателей, студентов, выпускников и работодателей.

Изучение и обработка таких данных дает необходимую информацию работникам образовательных учреждений для эффективной организации качественного учебного процесса, в то время как непрерывный рост объема данных требует соответствующего набора алгоритмов для обработки этих данных и извлечения из них полезной информации.

Эта проблема привела к использованию методов интеллектуального анализа данных (Data Mining) в образовательной среде [1–3]. Этот подход будет способствовать лучшему пониманию наклонностей, привычек, ожиданий студентов в сфере обучения и поможет организации адаптивного учебного процесса. Это требует анализа и визуализации информации о реализации всего учебного процесса, выявления закономерностей между образовательными достижениями студентов, поставленными образовательными целями, формами организации учебного процесса и др. Имея результаты об учебном процессе сначала должны быть применены алгоритмы предварительной обработки данных, и только затем могут быть применены некоторые конкретные методы дата майнинга [4].

В статье представлена методика интеллектуального анализа данных по учебному процессу, результаты которого могут быть применены для улучшения и совершенствования учебного процесса.

Data Mining в образовании

Интеллектуальный анализ данных (Data Mining – дата майнинг) – междисциплинарная область, которая объединяет статистику, машинное обучение, распознавание образов, визуализацию данных, теорию информации, формирование знаний на основе большого объема данных. «Дата майнинг» используется в самых разных областях человеческой деятельности. В сфере обслуживания «Дата майнинг» помогает анализировать поведение клиентов и способствует улучшению работы компании, в сфере здравоохранения представляет собой дополнительный инструмент для врача по диагностике болезни и т.д. [1–4].

«Дата майнинг» в сфере обучения (Educational Data Mining – EDM) – это исследовательская сфера, включающая методы, инструменты и исследования, которые предназначены для извлечения полезной информации из большого количества данных, связанных с учебным процессом, а также для целенаправленного управления учебным процессом. Данный подход особенно актуален в условиях поддержки инструментальными средами учебного процесса. Эти данные могут быть, например, о том, когда студенты обращаются к учебному

материалу в условиях дистанционного обучения, в течение какого промежутка времени студенты работают с электронным учебным материалом, к каким предметам студенты обращаются чаще всего, когда студенты отправляют задания, каковы результаты выполнения заданий, как студенты оценивают предлагаемые образовательной программой учебные дисциплины, каковы результаты разных опросов и т.д. [5, 6].

EDM поставляет результаты автоматизированного анализа данных, в то время как человеку трудно проводить такой анализ вручную. Эта техника изучает данные и проводит аналитику в образовании, преподавании и обучении, определяя образовательные приоритеты и проводя качественное исследование моделей, методов, технологий. Изучению подлежит и то, как аналитика может повлиять на организацию образовательных процессов.

Одним из современных методов EDM является интеллектуальный анализ образовательных процессов (Educational Process Mining – EPM). Основная идея EPM заключается в извлечении информации из журналов событий. Система EPM может показать связь между образовательной траекторией студента и ожидаемыми образовательными целями.

Результаты EPM можно использовать для лучшего понимания лежащих в основе образовательных процессов закономерностей, для выработки рекомендаций и советов студентам, для предоставления обратной связи студентам, преподавателям, организаторам учебного процесса, для раннего выявления трудностей в обучении, для помощи студентам в конкретных ситуациях, для улучшения управления объектами обучения [6].

Методы EPM направлены на извлечение связанной с учебным процессом информации из журналов событий, зафиксированных какой-либо информационной системой. Они обеспечивают визуальное представление всего образовательного процесса, готового к анализу.

Традиционно EPM использовался для извлечения знаний из определенного типа образовательных информационных систем и построения процессной модели поведения студента. При этом сталкиваются с двумя проблемами: с одной стороны, полученная модель плохо согласуется с общим поведением студента, с другой – полученная модель может быть слишком большой и сложной для анализа и использования преподавателем или инструктором [6].

Чтобы решить эти проблемы, мы предлагаем использовать кластеризацию данных из журналов событий для улучшения пригодности и понятности моделей, полученных с помощью EPM. Этот подход сначала применяет кластеризацию, чтобы сгруппировать студентов со схожими оценками, характе-

ристиками, образовательной траекторией. Затем применяется интеллектуальный анализ процессов, чтобы обнаружить более конкретные модели поведения учащихся.

Анализ модели обучения в среде e-judge

Учебный процесс, результаты которого исследуются в данной работе, реализуется согласно следующей модели обучения. Учебный модуль разбит на несколько разделов, в каждом из которых преследуются определенные образовательные цели, выраженные в терминах полученных знаний, приобретенных умений и компетенций. В течение прохождения учебного модуля студенту предлагаются задания, направленные на проверку степени усвоения теоретического материала раздела, умения применять приобретенные знания на практике, тем самым выполняя мониторинг продвижения студента в учебном процессе. По завершению модуля студент проходит результирующее тестирование и сдает устный/письменный экзамен.

Данные, используемые в данном исследовании, собраны из среды автоматического тестирования e-judge, которая используется на кафедре Системного программирования Российско-Армянского университета для проверки знаний и умений студентов по программированию на языках C, C++, Ассемблера.

В системе e-judge на протяжении всего модуля студенту предлагаются задания по программированию, классифицированные по темам, соответствующим лекционному материалу. Решенным заданиям и отправленным студентами программам системой “e-judge” присваивается статус, из которых нас интересуют следующие: *ожидает подтверждения* (если программа прошла все тесты, что свидетельствует о том, что задача запрограммирована правильно), *неправильный ответ* (если пройдены не все тесты, то есть обеспечена не вся функциональность программы), *превышено максимальное время работы* (что свидетельствует о неэффективности разработанного алгоритма и программы), *ошибка компиляции* (то есть не усвоен синтаксис языка).

В работе рассматривается база данных системы “e-judge” относительно модулей по курсам: «Алгоритмы и алгоритмические языки (языки C, C++)», «Архитектура ЭВМ» и «Язык Ассемблера». Структура базы данных приведена на Рис.1.

Номер решения	Время	User name	Problem	Language	Result
3241	2021/12/23 05:25:17	Shushanik Tovmasyan	17	gcc	Ошибка выполнения
3240	2021/12/23 05:24:08	Shushanik Tovmasyan	17	gcc	Ошибка компиляции
3220	2021/12/22 18:45:24	Manana Berberyan	21	gcc	Ожидает подтверждения
3188	2021/12/22 17:16:15	Manana Berberyan	32	gcc	Ожидает подтверждения
3187	2021/12/22 17:10:29	Manana Berberyan	31	gcc	Ожидает подтверждения
3183	2021/12/22 17:01:49	Manana Berberyan	31	gcc	Неправильный ответ
3182	2021/12/22 17:00:51	Manana Berberyan	31	gcc	Ошибка компиляции
3181	2021/12/22 16:59:50	Manana Berberyan	31	gcc	Ошибка компиляции
3160	2021/12/22 15:35:51	Areg Ayvazyan	40	gcc	Ожидает подтверждения
3153	2021/12/22 15:01:25	Shushanik Tovmasyan	25	gcc	Ожидает подтверждения
3152	2021/12/22 15:00:54	Shushanik Tovmasyan	25	gcc	Ошибка компиляции
3151	2021/12/22 14:59:53	Shushanik Tovmasyan	25	gcc	Ошибка компиляции
3150	2021/12/22 14:55:43	Shushanik Tovmasyan	25	gcc	Неправильный формат вывода
3149	2021/12/22 14:52:53	Areg Ayvazyan	38	gcc	Ожидает подтверждения
3147	2021/12/22 14:36:43	Areg Ayvazyan	37	gcc	Ошибка выполнения
3146	2021/12/22 14:28:51	Areg Ayvazyan	36	gcc	Ожидает подтверждения
3145	2021/12/22 14:28:15	Areg Ayvazyan	36	gcc	Ошибка компиляции
3144	2021/12/22 14:26:43	Areg Ayvazyan	33	gcc	Ожидает подтверждения
3143	2021/12/22 14:26:23	Areg Ayvazyan	33	gcc	Ошибка компиляции
3142	2021/12/22 14:22:00	Shushanik Tovmasyan	26	gcc	Ожидает подтверждения
3141	2021/12/22 14:19:42	Shushanik Tovmasyan	26	gcc	Ошибка выполнения
3140	2021/12/22 14:18:43	Shushanik Tovmasyan	26	gcc	Неправильный формат вывода

Рис. 1. Фрагмент лог-файла системы e-judge.

Для каждого студента строится вектор студента, отражающий прогресс студента по разделу модуля. Вектор студента содержит информацию о номере задания и сводную информацию о выполнении данного задания. Множество этих векторов будет служить совокупностью данных, подлежащих кластеризации.

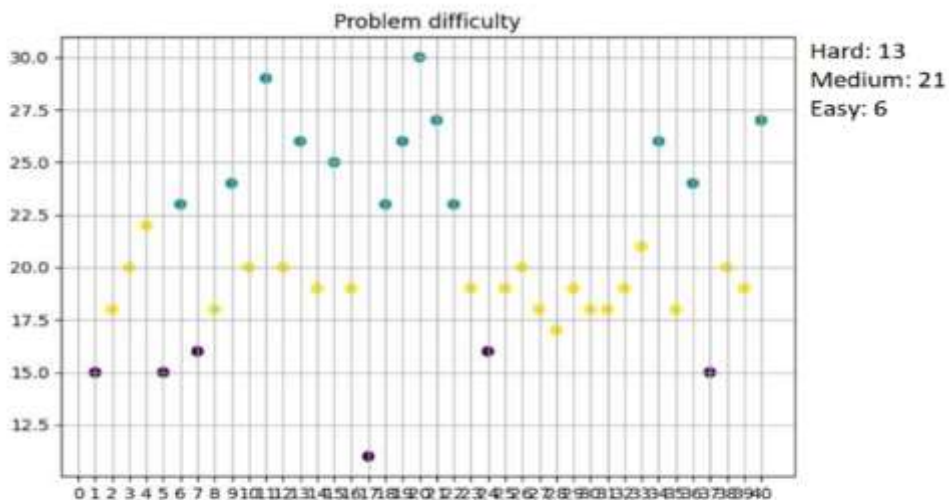
Вектор студента имеет следующую структуру:

- ID студента;
- количество заданий по данному модулю;
- номер задания;
- число посылок, окончившихся статусом «ошибка компиляции»;
- дата первой посылки, окончившейся статусом «ошибка компиляции»;
- дата последней посылки, окончившейся статусом «ошибка компиляции»;
- число посылок, закончившихся статусом «неправильный ответ»;
- дата первой посылки, окончившейся статусом «неправильный ответ»;
- дата последней посылки, окончившейся статусом «неправильный ответ»;
- число посылок, окончившихся статусом «превышено максимальное время работы»;
- дата первой посылки, окончившейся статусом «превышено максимальное время работы»;
- дата последней посылки, окончившейся статусом «превышено максимальное время работы»;

- число посылок, окончившихся статусом «ожидает подтверждения», равное суммарному числу попыток, закончившихся статусами «ошибка компиляции», «неправильный ответ», «превышено максимальное время работы»;
- дата посылки, окончившейся статусом «ожидает подтверждения»;
- номер задания;
- число посылок, окончившихся статусом «ошибка компиляции»;
- дата первой посылки, окончившейся статусом «ошибка компиляции»;
- дата последней посылки, окончившейся статусом «ошибка компиляции» и т.д.

Кластеризация данных направлена на выявление того, как студенты усваивают синтаксис языка программирования, обеспечивают ли они полноту программы с точки зрения функциональности, пишут ли эффективные программы.

Для того чтобы сгруппировать задачи по уровню сложности и получить информацию о том, какие темы нужно рассмотреть заново, проводится кластерный анализ методом k-средних [7].



Review chapters 1 and 3

Рис. 2. Кластеризация задач по степени сложности.

Кластеризация студентов по результатам решения одной задачи проводится методом DBSCAN [3,7]. Обработываемые данные привязаны к каждому студенту и к одной конкретной задаче и имеют следующий формат: ошибка

компиляции, превышено время работы, неправильный ответ. Метод выполняет кластеризацию векторов студентов, а также визуализацию полученных результатов (Рис.3).

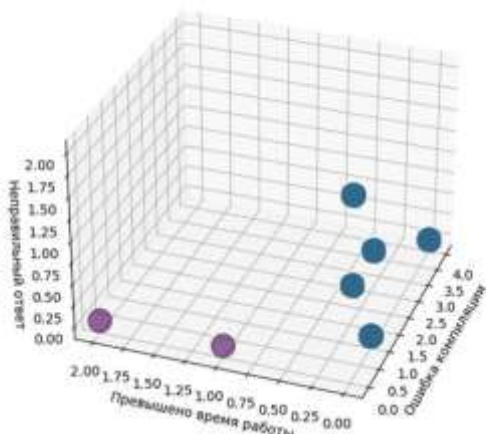


Рис. 3. Кластеризация студентов по результатам решения одной задачи.

Разработан инструмент для преподавателя, выполняющий фильтрацию данных по имени студента и по номеру задачи. После фильтрации данных преподаватель получает результаты кластерного анализа по отдельной задаче, а также прогресс по решению данной задачи данным студентом (Рис.4).

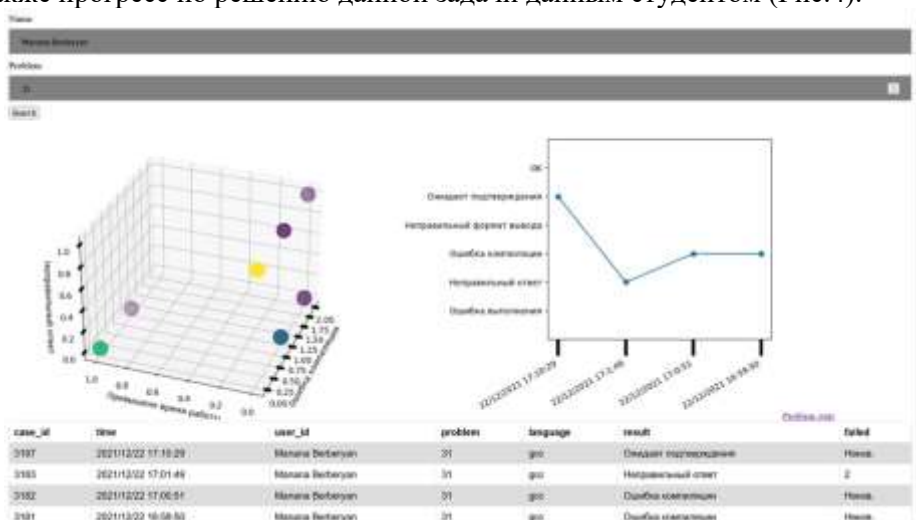


Рис. 4. Кластеризация результатам решения задачи студентом и его учебная траектория.

Разработанный инструмент позволяет получить информацию о количестве проверенных и ожидаемых к подтверждению задач, а также результаты кластерного анализа задач и информацию о том, какие темы следует рассмотреть еще раз (Рис. 5,6).

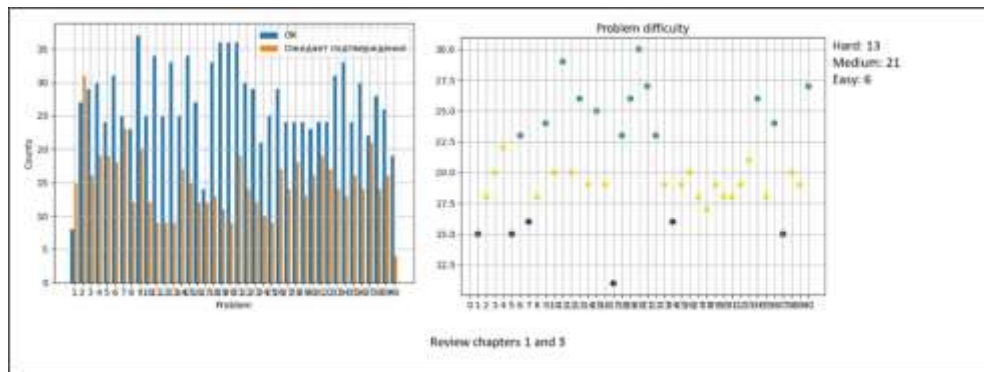


Рис. 5. Рекомендации для преподавателя.

ЗАДАЧА	ПОПЫТКИ	ПРОЦЕНТ РЕШИМОСТИ	СЛОЖНОСТЬ (ГОЛОС АНАЛИЗ)
24	19	32%	Высокая
20	35	34%	Высокая
19	32	55%	Высокая
12	28	88%	Средняя
30	27	37%	Средняя
23	18	67%	Средняя
16	16	49%	Низкая
22	12	93%	Низкая
5	9	98%	Низкая
9	9	99%	Низкая

Рис. 5. Результат анализа задач на сложность.

Заключение

При обработке данных, собранных инструментальной средой обучения (Moodle, WebCT, Blackboard, Classroom, Coursera, e-judge и др.), часто используются методы Data Mining с целью интеллектуального анализа учебного процесса и его визуального представления для различных участников образовательного процесса. По результатам такого анализа можно судить о достиже-

ниях студентов, их образовательной траектории, об эффективности организации учебного процесса. В адаптивных гипермедийных средах обучения по результатам анализа в режиме реального времени полезно генерировать адаптированные к текущим знаниям и способностям студента сценарии обучения.

Предлагаемый в работе метод исследования в дальнейшем будет применен к результатам опроса студентов и преподавателей по разным аспектам организации образовательного процесса. Это поможет улучшить процесс обучения и добиться более целенаправленного и качественного обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ данных и процессов: учеб. пособие / А.А. Барсегян, М.С. Куприянов, И.И. Холод, М.Д. Тесс, С.И. Елизаров. 3-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2009
2. *Золотых Н.Ю.* Машинное обучение и анализ данных. 2016, <http://www.uic.unn.ru/~zny/ml>
3. *Степанов Р.Г.* Технология Data Mining: Интеллектуальный анализ данных, Казань, 2008.
4. *Дорогов В.Г.* Введение в методы и алгоритмы принятия решений, ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012.
5. https://www.researchgate.net/publication/281105022_Process_Mining_in_the_Education_Domain
6. <https://researchleap.com/benefits-of-educational-data-mining/>
7. *Джоши П.* Искусственный интеллект с примерами на Python // М.: Изд-во «Диалектика-Вильямс», 2019. 448с.

APPLICATION OF DATA MINING METHODS FOR EDUCATIONAL PROCESS MANAGEMENT IN HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS

A. Hovakimyan, N. Palyan
Russian-Armenian (Slavonic) University

ABSTRACT

Currently, much attention is paid to students' teaching and testing their knowledge in interactive tool environments (Moodle, WebCT, Blackboard, Classroom, Coursera, Hot Potatoes, e-judge, etc.). These systems allow to collect a large amount of data on the educational process. Intelligent processing of such data will provide information on the effectiveness of the organization of the educational process and decision-making on its further optimization in accordance with educational goals.

The article proposes a method for analyzing the data provided by the e-judge system used to test students' knowledge of programming.

Keywords: student's educational path, Data Mining, Process Mining, data clustering.

ВЕРШИННО-РАЗЛИЧАЮЩИЕ РЕБЕРНЫЕ РАСКРАСКИ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ ГРАФОВ

Т.К. Петросян¹, П.А. Петросян^{1,2}

*Российско-Армянский (Славянский) университет
Ереванский государственный университет
tigran.petrosyan@student.rau.am, petros_petrosyan@ysu.am*

АННОТАЦИЯ

Для графа G функция $f: E(G) \rightarrow N$ называется «реберной раскраской» графа G . Реберная раскраска f графа G называется «правильной», если для любых смежных ребер $e, e' \in E(G)$, $f(e) \neq f(e')$. Если f – правильная раскраска графа G и $v \in V(G)$, то обозначим через $S(v, f)$ множество цветов ребер, инцидентных вершин v . Правильная раскраска f графа G называется «вершинно-различающей», если для любых различных вершин $u, v \in V(G)$, $S(u, f) \neq S(v, f)$. Наименьшее число цветов, необходимое для вершинно-различающей реберной раскраски графа G , называется «вершинно-различающим хроматическим индексом» и обозначается $\chi'_{vd}(G)$. Полным расщепляемым графом называется граф, в котором вершины можно разбить на клику и независимое множество вершин, каждая из которых соединена со всеми вершинами клики. Кубом Фибоначчи F_n называется подграф n -мерного куба Q_n , порожденный вершинами, которым соответствуют битовые строки без подряд идущих двух единиц. В данной работе найдены некоторые оценки для вершинно-различающего хроматического индекса полных расщепляемых графов и кубов Фибоначчи.

Ключевые слова: правильная реберная раскраска, вершинно-различающая раскраска, вершинно-различающий хроматический индекс.

Введение

Пусть G – неориентированный граф без кратных ребер и петель, $V(G)$ – множество вершин графа G , $E(G)$ – множество ребер графа G . Обозначим через $CS_{n,m}$ – полный расщепляемый граф с кликой из n вершин и с независимым множеством m вершин, а через F_n – n -мерный куб Фибоначчи. Неопределяемые понятия и обозначения можно найти в [6].

Правильная реберная раскраска f графа G называется «вершинно-различающей», если для любых различных вершин $u, v \in V(G)$, $S(u, f) \neq S(v, f)$. Наименьшее число цветов, необходимое для вершинно-различающей реберной раскраски графа G , называется «вершинно-различающим хроматическим индексом» графа G и обозначается через $\chi'_{vd}(G)$. Определение вершинно-различающей раскраски графа было введено в [1,2] и, независимо, как «наблюдаемость» графа в [3–5]. В частности, авторами [2] были доказаны следующие результаты.

Теорема 1. Для любого натурального $n \geq 3$ имеет место равенство:

$$\chi'_{vd}(K_n) = \begin{cases} n, & \text{если } n - \text{нечетное число,} \\ n + 1, & \text{если } n - \text{четное число.} \end{cases}$$

Теорема 2. Для любых натуральных m и n ($n \geq m \geq 2$) имеет место равенство:

$$\chi'_{vd}(K_{m,n}) = \begin{cases} n + 1, & \text{если } n > m \geq 2, \\ n + 2, & \text{если } n = m \geq 2. \end{cases}$$

Целью настоящей работы является исследование вершинно-различающих рёберных раскрасок полных многодольных графов.

Основные результаты

Прежде всего, нами найдена верхняя оценка $\chi'_{vd}(CS_{n,m})$ для произвольных натуральных m и n . Именно, доказано

Теорема 3. Для любого расщепляемого графа $G = CS_{n,m}$ имеет место.

$$\begin{cases} \chi'_{vd}(CS_{n,m}) = m + n, & \text{при } m + n - \text{нечетном,} \\ m + n \leq \chi'_{vd}(CS_{n,m}) \leq m + n + 1, & \text{при } m + n - \text{четном.} \end{cases}$$

Также найдена верхняя оценка хроматического индекса для графов Фибоначчи.

Теорема 4. Для произвольного графа Фибоначчи с n вершинами ($n \geq 2$).

$$n \leq \chi'_{vd}(F_n) \leq n + 1$$

ЛИТЕРАТУРА

1. *Burrís A.* Vertex-distinguishing edge-colorings. Ph.D. Dissertation, Memphis State University (1993).
2. *Burrís A., Schelp R.* Vertex-distinguishing proper edge-colorings. *J. Graph Theory* 26, 73–82 (1997).
3. *Cerný J., Horňák M., Soták R.* Observability of a graph. *Math. Slovaca* 46, 21–31 (1996).
4. *Horňák M., Soták R.* Observability of complete multipartite graphs with equipotent parts. *Ars Comb.* 41, 289–301 (1995).
5. *Horňák M., Soták R.* Asymptotic behavior of the observability of Q_n . *Discrete Math.* 176, 139–148 (1997).
6. *West D.* Introduction to Graph Theory – Prentice-Hall, New Jersey, 2001.

**VERTEX-DISTINGUISHING EDGE COLORINGS OF SOME
TYPES OF GRAPHS**

T. Petrosyan, A. Petrosyan
*Russian-Armenian (Slavonic) University
Yerevan State University*

ABSTRACT

For a graph G , the function $f: (G) \rightarrow N$ is called the “edge coloring” of graph G . An edge coloring f of a graph G is called “regular” if for any adjacent edges $e, e' \in E(G)$, $f(e) \neq f(e')$. If f is a regular coloring of the graph G and $v \in (G)$, then let us denote the set of colors of edges incident to vertices v by $S(v, f)$. Regular coloring f of graph G is called “vertex-distinguishing” if for any different vertices $u, v \in V(G)$, $S(u, f) \neq S(v, f)$. The smallest number of colors required for vertex-distinguishing edge coloring of the graph G is called the “vertex-distinguishing chromatic index” and is denoted by $\chi_{vd}'(G)$. Full fissile graph is the one where the vertices can be divided into a clique and an independent set of vertices, each of which is connected to all vertices of the clique. Fibonacci cube F_n refers to a subgraph of the n -dimensional cube Q_n generated by the vertices that match bit strings without consecutive two units. In the present paper, some estimations for the vertex-distinguishing chromatic index of complete fissile graphs and Fibonacci cubes are found.

Keywords: regular edge coloring, vertex-distinguishing coloring, vertex-distinguishing chromatic index.

О ФРЕДГОЛЬМОВОСТИ РЕГУЛЯРНЫХ ГИПОЭЛЛИПТИЧЕСКИХ ОПЕРАТОРОВ НА ШКАЛАХ МУЛЬТИАНИЗОТРОПНЫХ ПРОСТРАНСТВ

А.Г. Туманян

*Российско-Армянский (Славянский) университет
Программное обеспечение “Siemens Digital Industries”
ani.tumanyan92@gmail.com*

АННОТАЦИЯ

В данной работе изучена фредгольмовость для класса регулярных гипозэллиптических операторов с переменными коэффициентами. Установлены необходимые и достаточные условия для априорных оценок для дифференциальных операторов, действующих в мультианизотропных соболевских пространствах. Получены инвариантность индекса и критерий фредгольмовости для широкого класса регулярных гипозэллиптических операторов на специальных шкалах мультианизотропных весовых пространств.

Ключевые слова: регулярный гипозэллиптический оператор, фредгольмов оператор, мультианизотропные пространства, индекс оператора.

Класс регулярных гипозэллиптических операторов является специальным подклассом гипозэллиптических операторов по Хёрмандеру (см. [1]) и естественным образом обобщает класс эллиптических, параболических, $2b$ -параболических и квазиэллиптических/полуэллиптических операторов. Такие операторы были введены в конце 60–70-х гг. и исследованы многими авторами (см. [2–3]). Сложность исследования фредгольмовости таких операторов заключается в том, что характеристический многочлен регулярных гипозэллиптических операторов не является однородным или обобщенно-однородным, как в случае эллиптических и квазиэллиптических операторов.

Свойства фредгольмовости/нетеровости изучены для некоторых классов гипозэллиптических операторов в различных функциональных пространствах, но большинство результатов относятся к эллиптическим и квазиэллиптическим операторам.

Условия фредгольмовости квазиэллиптических операторов получены в работах [4–5]. Вопросам инвариантности индекса квазиэллиптических операторов на шкале анизотропных пространств посвящены работы [6–7]. В работе [8] получена фредгольмовость регулярных гипозэллиптических операторов с

постоянными коэффициентами в ограниченной области, а в работе [9] получен критерий для фредгольмовости регулярного гипоеллиптического оператора в весовом мультианизотропном пространстве в \mathbb{R}^n .

В данной работе для достаточно широкого класса регулярных гипоеллиптических операторов установлен критерий фредгольмовости и получена инвариантность индекса на специальной шкале мультианизотропных пространств $H_q^{k, \mathcal{R}, p}$. Рассматриваемая шкала мультианизотропных пространств является более общей, чем в предыдущих работах.

Определение 1. Ограниченный линейный оператор A , определенный на всем банаховом пространстве X и действующий в Банаховом пространстве Y , называется «фредгольмовым», если выполняются следующие условия:

- 1) область значений оператора A замкнута ($\text{Im}(A) = \overline{\text{Im}(A)}$);
- 2) ядро оператора A является конечномерным ($\dim \text{Ker}(A) < \infty$);
- 3) коядро оператора A конечномерно ($\dim \text{coker}(A) = \dim Y / \text{Im}(A) < \infty$).

«Индексом фредгольмова оператора» A называется разность между размерностью ядра и коядра:

$$\text{ind}(A) = \dim \text{Ker}(A) - \dim \text{coker}(A).$$

Пусть $n \in \mathbb{N}$, \mathbb{Z}_+^n – множество n -мерных мультииндексов, \mathbb{N}^n – множество n -мерных мультииндексов с натуральными компонентами.

Пусть $\mathcal{N} \subset \mathbb{Z}_+^n$ – некоторый набор мультииндексов. Характеристическим многогранником множества мультииндексов \mathcal{N} назовем наименьший выпуклый многогранник $\mathcal{R} = \mathcal{R}(\mathcal{N})$, который содержит все точки \mathcal{N} . Многогранник \mathcal{R} назовем вполне правильным, если 1) он имеет вершины в начале координат \mathbb{R}^n и на каждой оси координат \mathbb{R}^n , отличные от начала координат; 2) внешние нормали всех $(n - 1)$ -мерных некоординатных граней \mathcal{R} имеют положительные координаты.

Мультииндекс $\alpha \in \mathcal{R}$ назовем главным, если он принадлежит какой-либо $(n - 1)$ -мерной некоординатной грани многогранника \mathcal{R} . Множество всех главных точек из \mathcal{R} обозначим через $\partial' \mathcal{R}$.

Пусть \mathcal{R} произвольный вполне правильный многогранник и $k \in \mathbb{R}_+$. Обозначим $k\mathcal{R} = \{k\alpha = (k\alpha_1, k\alpha_2, \dots, k\alpha_n), \alpha \in \mathcal{R}\}$. Обозначим через \mathcal{R}_j^{n-1} ($j = 1, \dots, I_{n-1}$) $(n - 1)$ -мерные грани многогранника \mathcal{R} . Пусть $\mu^j, j = 1, \dots, I_{n-1}$ такая внешняя нормаль грани \mathcal{R}_j^{n-1} для которой при всех $\alpha \in \mathcal{R}_j^{n-1}$ ($\alpha: \mu^j$) = $\frac{\alpha_1}{\mu_1} + \dots + \frac{\alpha_n}{\mu_n} = 1$.

Для вполне правильного многогранника \mathcal{R} и $k \in \mathbb{Z}_+$ обозначим

$$Q^{k,R} = \left\{ \begin{array}{l} q: q(x) > 0, \forall x \in \mathbb{R}^n, \frac{1}{q(x)} \rightarrow 0 \text{ при } |x| \rightarrow \infty, \exists C_\beta > 0 \text{ такое, что} \\ \frac{|D^\beta q(x)|}{q(x)^{1+(\beta:\mu^j)}} \leq C_\beta, \forall x \in \mathbb{R}^n, \forall \beta \in kR, j = 1, \dots, I_{n-1} \end{array} \right\}.$$

В класс весовых функций $Q^{k,R}$ входят полиномиальные функции, а также специальные экспоненциальные функции – такие, как:

$$(1 + |x|_{\mathcal{R}})^l, l > 0, \exp\{(1 + |x|_{\mathcal{R}})^r\}, 0 < r < 1/\mu_{\max},$$

где $|x|_{\mathcal{R}} = \sum_{\alpha \in \partial' \mathcal{R}} |x^\alpha|$ и $\mu_{\max} = \max_{j=1, \dots, I_{n-1}} \max_{s=1, \dots, n} \mu_s^j$.

Для $k \in \mathbb{Z}_+$, $q \in Q^{k,R}$ и $1 < p < \infty$ через $H_q^{k,R,p}$ обозначим множество измеримых функций $\{u\}$ с конечной нормой:

$$\|u\|_{k, \mathcal{R}, q, p} = \sum_{\alpha \in kR} \|D^\alpha u \cdot q^{\frac{k - \max(\alpha: \mu^j)}{j}}\|_{L_p(\mathbb{R}^n)}.$$

Рассмотрим дифференциальную форму

$$\begin{aligned} P(x, D) &= \sum_{\alpha \in \mathcal{R}} a_\alpha(x) D^\alpha \\ &= \sum_{\alpha \in \mathcal{R}} \left(a_\alpha^0(x) q(x)^{\frac{1 - \max(\alpha: \mu^j)}{j}} + a_\alpha^1(x) \right) D^\alpha, \end{aligned} \quad (1)$$

где $D^\alpha = D_1^{\alpha_1} \dots D_n^{\alpha_n}$, $D_k = i^{-1} \frac{\partial}{\partial x_k}$, $x = (x_1, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n$, $a_\alpha^0(x) \in C(\mathbb{R}^n)$, $D^\beta(a_\alpha^1(x)) = o\left(q(x)^{\frac{1 - \max(\alpha - \beta: \mu^j)}{j}}\right)$, $j = 1, \dots, I_{n-1}$, $\beta \in kR$, $\alpha \in \mathcal{R}$ при $|x| \rightarrow \infty$.

Определение 2. Скажем, что дифференциальная форма $P(x, D)$ равномерно регулярна в \mathbb{R}^n , если существует такая постоянная $\delta > 0$, что имеет место оценка

$$|\sum_{\alpha \in \partial' \mathcal{R}} a_\alpha(x) \xi^\alpha| \geq \delta \sum_{\alpha \in \partial' \mathcal{R}} |\xi^\alpha|, \forall \xi \in \mathbb{R}^n, \forall x \in \mathbb{R}^n.$$

Для $M > 0$ обозначим $K_M := \{x \in \mathbb{R}^n: |x| \leq M\}$.

В работе получена следующая основная теорема.

Теорема 1. Пусть $k \in \mathbb{Z}_+$, $q \in Q^{k,R}$ и $P(x, D)$ дифференциальной форма вида (1) коэффициенты которой удовлетворяют условию $\lim_{|x| \rightarrow \infty} \max_{|x-y| \leq 1} |a_\alpha^0(x) - a_\alpha^0(y)| = 0$.

Тогда оператор $P(x, D): H_q^{k+1, \mathcal{R}, p} \rightarrow H_q^{k, \mathcal{R}, p}$ является фредгольмовым тогда и только тогда, когда $P(x, D)$ равномерно регулярна в \mathbb{R}^n , и существуют постоянные $\delta > 0$ и $M > 0$ – такие, что

$$\left| \sum_{\alpha \in \mathcal{R}} a_\alpha^0(x) \lambda^{\frac{1 - \max(\alpha: \mu^j)}{j}} \xi^\alpha \right| \geq \delta \left(\sum_{\alpha \in \partial' \mathcal{R}} |\xi^\alpha| + \lambda \right), \forall \xi \in \mathbb{R}^n, \forall \lambda \in \mathbb{R}_+, |x| \geq M.$$

В работе получен критерий фредгольмовости для рассматриваемого класса операторов на шкале мультианизотропных соболевских пространств $H_q^{k,\mathcal{R},p}$. Установлена инвариантность индекса на данной шкале.

Теорема 2. Пусть $k \in \mathbb{Z}_+$, $q \in Q^{k,\mathcal{R}}$ и $P(x, D)$ дифференциальной форма вида (1) коэффициенты которой удовлетворяют условию $\lim_{|x| \rightarrow \infty} \max_{|x-y| \leq 1} |a_\alpha^0(x) - a_\alpha^0(y)| = 0$. Тогда следующие условия эквивалентны:

1) Оператор $P(x, D): H_q^{k+1,\mathcal{R},p} \rightarrow H_q^{k,\mathcal{R},p}$ фредгольмов.

2) $P(x, D)$ равномерно регулярна в \mathbb{R}^n , и существуют постоянные $\delta > 0$ и $M > 0$ такие, что

$$\left| \sum_{\alpha \in \mathcal{R}} a_\alpha^0(x) \lambda^{1 - \max_j(\alpha; j)} \xi^\alpha \right| \geq \delta \left(\sum_{\alpha \in \partial \mathcal{R}} |\xi^\alpha| + \lambda \right), \forall \xi \in \mathbb{R}^n, \forall \lambda \in \mathbb{R}_+, |x| \geq M.$$

3) С некоторыми постоянными $C > 0$ и $N > 0$ выполняется априорная оценка:

$$\|u\|_{k+1,\mathcal{R},q,p} \leq C \left(\|Pu\|_{k,\mathcal{R},q,p} + \|u\|_{L_p(K_N)} \right), \forall u \in H_q^{k+1,\mathcal{R},p}.$$

При этом, если условия теоремы выполняются, то размерности ядра, коядра и индекс оператора $P(x, D): H_q^{k+1,\mathcal{R},p} \rightarrow H_q^{k,\mathcal{R},p}$ не зависят от выбора k .

ЛИТЕРАТУРА

1. *Hyormander L.* Linear Partial Differential Operators. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1969.
2. *Friberg J.* Multi-quasielliptic polynomials”, Ann. Scuola Norm. Sup. Pisa, vol. 21, no. 2 (1967). PP. 239–260.
3. *Мухайлов В.П.* О поведении на бесконечности одного класса многочленов. Тр. МИАН. 91 (1967). СС. 9–81.
4. *Darbinyan A., Tumanyan A.* On a priori estimates and the Fredholm property of differential operators in anisotropic spaces. Journal of Contemporary Mathematical Analysis. vol. 53, n. 2 (2018). PP. 61–70.
5. *Tumanyan A.* Fredholm property of semielliptic operators in anisotropic weighted spaces in \mathbb{R}^n Journal of Contemporary Mathematical Analysis, vol. 56, n. 3 (2021). PP. 168–181.
6. *Darbinyan A., Tumanyan A.* On index stability of Noetherian differential operators in anisotropic Sobolev spaces. Eurasian Mathematical Journal, vol. 10, no. 1 (2019). PP. 9–15.
7. *Tumanyan A.* On the invariance of index of semielliptical operator on the scale of anisotropic spaces. vol. 51, no. 4 (2016). PP. 187–198.
8. *Карапетян Г.А., Дарбинян А.А.* Нетеровость регулярного оператора с постоянными коэффициентами в области, Труды инст. мат. им. Размадзе, Тбилиси, Т. 146 (2008). СС. 57–66.
9. *Tumanyan A.* Fredholm criteria for a class of regular hypoelliptic operators in multianisotropic spaces in \mathbb{R}^n . Italian Journal of Pure and Applied Mathematics. vol. 47 (2022). PP. 1009–1028.

**ON THE FREDHOLM PROPERTY OF REGULAR HYPOELLIPTIC OPERATORS ON
THE SCALES OF MULTIANISOTROPIC SPACES**

A. Tumanyan

*Russian-Armenian (Slavonic) University
Siemens Digital Industries Software*

ABSTRACT

In this work, the Fredholm properties are studied for a class of regular hypoelliptic operators with variable coefficients. Necessary and sufficient conditions are established for a priori estimates for differential operators, acting in multianisotropic Sobolev spaces. Index invariance and Fredholm criteria are obtained for a wide class of regular hypoelliptic operators on the special scales of multianisotropic weighted spaces.

Keywords: regular hypoelliptic operator, Fredholm property, multianisotropic spaces, index of operator.

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

УСТРОЙСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРЯМОГО И РЕВЕРСИВНОГО ХОДА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЗОНДА

В.Г. Аветисян^{1,2}, С.М. Аветисян², С.Р. Тадевосян¹

1

Российско-Армянский (Славянский) университет

²*Ереванский Научно-Исследовательский институт средств связи*

avahan@mail.ru, tad.sus.94@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Автоматические измерения антенны в ближнем поле миллиметрового диапазона волн – это метод антенных измерений, требующий как сложную аппаратную и, так и программную части. Система антенных измерений методом ближнего поля состоит из следующих подсистем. Это – подсистема механического сканирования зондом в ближней зоне тестируемой антенны, радиоизмерительная подсистема, подсистема автоматического управления измерениями и, наконец, вычислительная подсистема с соответствующей математической обработкой данных о ближней зоне антенны. Подсистема автоматического управления измерениями представляет собой набор из фотодатчика перемещения зонда, электронной части и программного обеспечения. Для корректной работы всей подсистемы датчик перемещения зонда должен соответствовать определенным требованиям, что напрямую влияет на конструктивные параметры датчика. В этом случае выбор диаметра шаговой щели ограничивается снизу явлением дифракции. Разработка универсального датчика для работы в диапазоне СВЧ требует преодоления проблем и поиска новых решений.

Ключевые слова: ближнее поле, испытываемая антенна, фотодатчик, зонд, измерения.

Введение

Метод антенных измерений по ближнему полю, характеризуется как метод, при котором проводятся измерения амплитуды и фазы электромагнитного поля в конкретных точках плоскости измерения. Ближняя зона антенны характеризуется расстояниями порядка λ от поверхности антенны до расстояния $(D_A/2\lambda)^{1/3} D_A/2 + \lambda$, где λ – длина излучаемой или принимаемой волны, D_A – диаметр раскрыва антенны.

Поле в дальней зоне ИА определяется единственным образом по ее комплексному полю в ближней зоне на охватывающей ИА поверхности.

Антенные измерения могут проводиться в трех плоскостях: плоской, сферической и цилиндрической [1].

Дальнее поле ИА является интегральной характеристикой ближнего поля. Поэтому при ошибочных измерениях ближнего поля в отдельных точках, точность восстановления дальнего поля не претерпевает больших изменений, что является существенным фактором при определении характеристик антенн.

Автоматический измерительный комплекс для определения характеристик антенн методом ближнего поля в диапазоне миллиметровых волн (ММВ) состоит из следующих систем: система механического сканирования зонда в ближнем поле испытываемой антенны (ИА), радиоизмерительная система, система автоматического управления (САУ) измерениями и система математической обработки данных ближнего поля антенны для восстановления ее дальнего поля.

САУ предназначена для автоматизации измерений радиоизмерительной системой и для обеспечения необходимой точности регистрации координаты положения сканируемого зонда. Для сокращения времени измерений САУ также обеспечивает электронную установку необходимой протяженности зоны сканирования зонда для каждой конкретной ИА.

Целью данной работы является разработка устройств регулирования хода зонда.

2. Система автоматического управления измерениями

Система автоматического управления основана на работе фотодатчика, на который налагаются следующие основные требования:

1. Шаг съема информации о поле должен быть равен порядка нескольких длин волны до половины длины волны частоты измерений; [1],[2],[3],[4].
2. Минимальные вносимые искажения в измеряемое ближнее поле;
3. Синхронность работы фотодатчиков с движением зонда
4. Точность позиционирования зонда порядка сотых долей длины рабочей волны, что для наивысшей частоты диапазона ММВ составит около 10...20 мкм.

Схема модифицированного фотодатчика представленного в [5] представлена на рисунке ниже. Сутью модификации является исключение зонного фотодатчика и звеньев синхронизации его движения с поступательным перемещением сканирующего зонда [4].

Требуемая функциональная работа САУ обеспечивается обработкой шаговых импульсов фотодатчика и выдачей необходимых команд посредством программного обеспечения, осуществляемого в среде программирования LabVIEW. Алгоритм обработки основан на работе NI DAQ. Схематическая конструкция модифицированного фотодатчика представлена на Рис. 2.

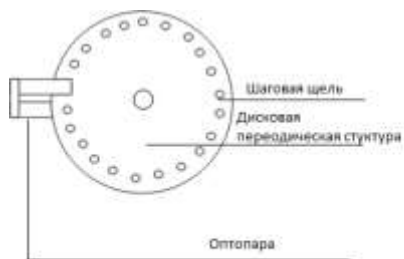


Рис.2. Схема модифицированного фотодатчика.

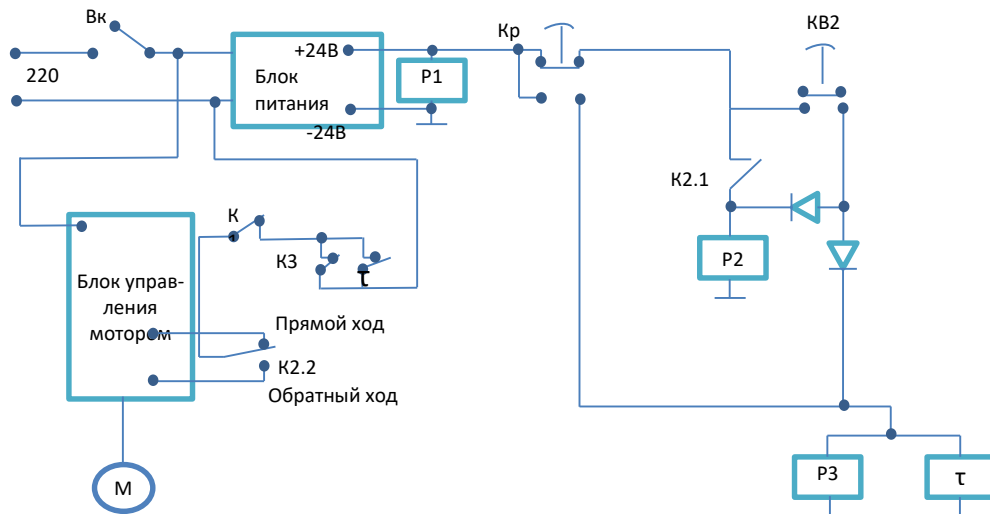


Рис.3. Фотодатчик.

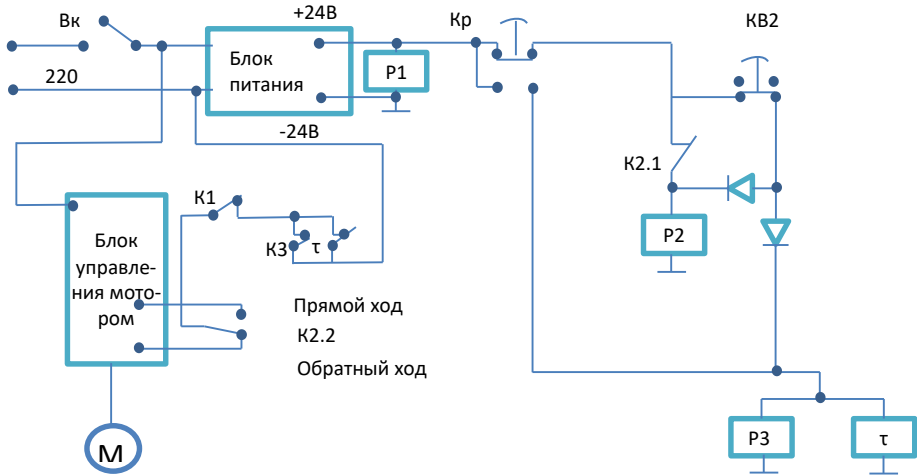
3. Устройства регулирования хода зонда

Для регулирования хода зонда применяются следующие устройства: мотор, блок управления мотором, концевые выключатели прямого и обратного хода, реле и ключи.

Схема работы устройств при начальном состоянии – прямой ход представлена на рисунке ниже. В этом случае реле под номером 2 (P2) обесточено, соответственно ключ K2.2 переключен на прямой ход. Так же обесточены реле P3 и таймер, ключ K3 замкнут.



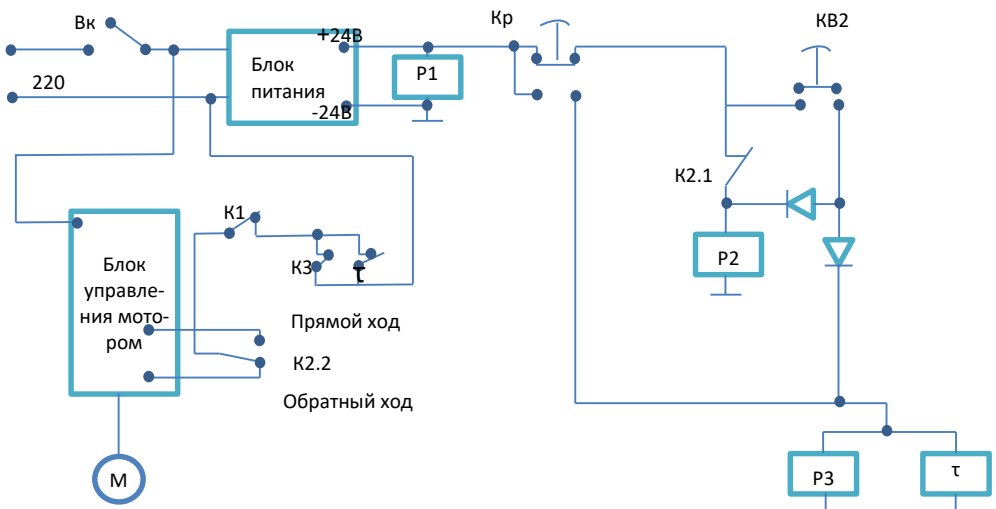
Состояние после первого срабатывания концевого выключателя KB2.



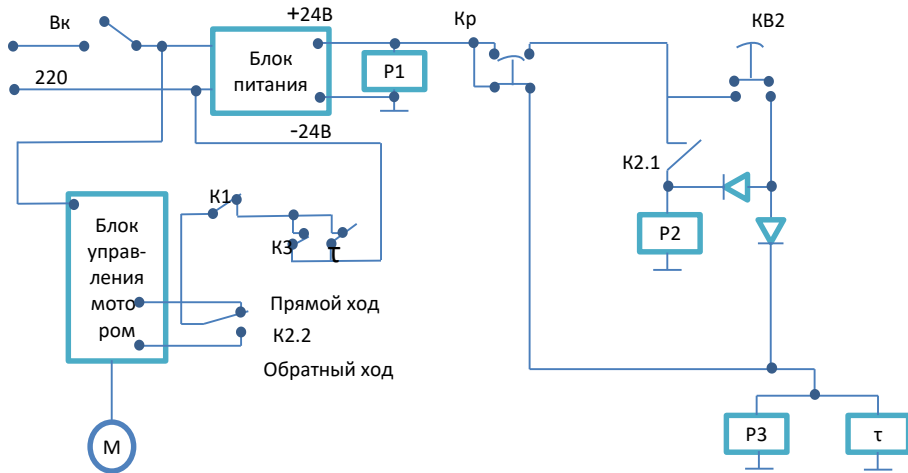
После первого срабатывания концевого выключателя реле 2 включается, ключ К2.2 включен на обратный ход, а К2.1 замкнут. Включены реле Р3 и таймер, ключ К3 разомкнут. Таймер срабатывает через определенное время для продолжения движения зонда в обратном направлении.

Состояние при обратном ходе после второго срабатывания концевого выключателя КВ2.

В этом состоянии двигатель работает на обратном ходе, в момент срабатывания ключа КВ2, Р2 реле не выключается по причине блокировки цепи диодом. При этом ключ К2.1 замкнут, К2.2 включен на обратный ход, К3 замкнут (реле Р3 включено), таймер выключен.

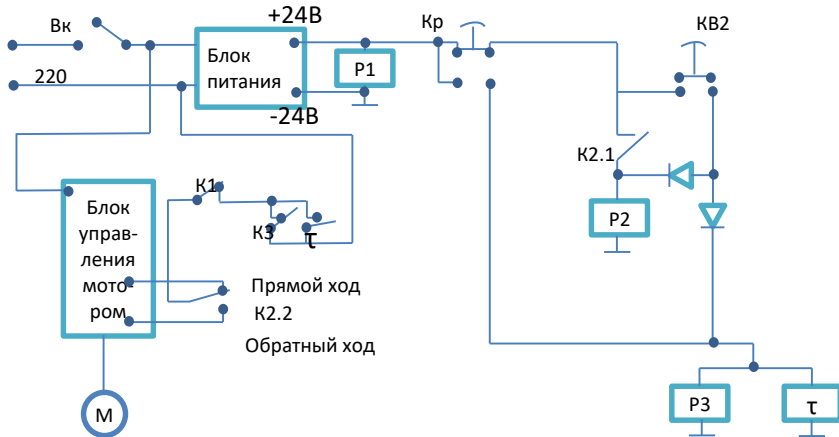


Состояние после первого срабатывания концевого выключателя КВ1.



При срабатывании концевого выключателя КВ1 происходит остановка обратного хода зонда (двигатель остановлен), включается таймер для расчета времени прямого хода. Реле P2 выключено, ключи K2.1 разомкнут, K2.2 включен на прямой ход. Реле P3 включено, а ключ K3 в свою очередь разомкнут.

Состояние при прямом ходе после срабатывания таймера.



Двигатель начинает свою работу, таймер выключен (контакт разомкнут). Реле P2 выключен, ключи K2.1 разомкнут, K2.2 включен на прямой ход. Реле P3 выключено, ключ K3 замкнут.

4. Выводы

В данной работе был рассмотрен и изучен метод антенных измерений по ближнему полю, представлена система автоматического управления измерениями данного метода, модификации, которые были введены в САУ.

Была разработана и представлена схема устройств регулирования прямого и реверсного хода зонда.

Построенная таким образом САУ позволяет обеспечить требуемые точности позиционирования зонда во всем диапазоне миллиметровых волн, что делает ее универсальной и надежной в работе комплекса для определения характеристик антенн миллиметрового диапазона.

Актуальность определения их характеристик обусловлена освоением различных радиотехнических систем этого диапазона в областях связи, транспорта и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Yaghjian A.* An overview of near-field antenna measurements, *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. 34, January 1986. PP. 30–45.
2. *Геруни Р.М.* Автоматические измерения характеристик антенн в зоне раскрыва // Труды ВНИИРИ, Ер., 1983.
3. *Joy E.* Near-field testing of radar antennas', *Microwave J.*, January 1990. PP. 119–130.
4. *Avetisyan V.* Near-field testing system for antennas operating in short millimeter waveband, *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol.58, № 6, June 2010, PP. 2149 –2153.
5. *Tadevosyan S.* Modification of photosensor for the antenna near-field measurements in the millimeter waveband', *IEEE International Conference on Microwave & THz Technologies, Wireless Communications and OptoElectronics (IRPhE 2022)*.

DEVICES FOR CONTROLLING THE DIRECT AND REVERSE STROKE OF THE MEASURING PROBE

V. Avetisyan^{1,2}, S. Avetisyan², S. Tadevosyan¹

¹*Russian-Armenian (Slavonic) University*

²*Yerevan Scientific Research Institute of Communications*

ABSTRACT

Automatic antenna measurements in the near field of the millimeter wave are an antenna measurement method that requires both complex hardware and software. The system of antenna measurements by the near-field method consists of the following subsystems. These are the subsystem for mechanical scanning with a probe in the near field of the antenna under test, the radio measuring subsystem, the automatic measurement control subsystem, and, finally, the computing subsystem with the corresponding mathematical processing of data on the near field of the antenna. The automatic measurement control subsystem is a set of a probe movement photo sensor, an electronic part, and software. For the correct operation of the entire subsystem, the probe displacement sensor must meet certain requirements, which directly affect the design parameters of the sensor. In this case, the choice of the pitch slit diameter is limited from below by the diffraction phenomenon. The development of a universal sensor for operation in the microwave range requires overcoming problems and finding new solutions.

Keywords: near field, antenna under test, photosensor, probe, measurements.

МНОГОНАНОСЛОЙНЫЙ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ МОДУЛЯТОР ДЛЯ МЕЖЧИПОВЫХ ОПТИЧЕСКИХ МЕЖСОЕДИНЕНИЙ: ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

*О.В. Багдасарян¹, Т.М. Князян¹, Т.Т. Оганесян¹, Г.Р. Мардоян²,
М. Марциниак³*

¹*Национальный политехнический университет Армении, Ереван*

²*Инженерный городок, Ереван, Армения*

³*Национальный институт телекоммуникаций, Варшава, Польша
hovik@seua.am, ktamara@seua.am*

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе численно смоделирован многонанослойный микрорезонаторный электрооптический модулятор (ЭОМ) Фабри-Перо пропускательного типа для межчиповых оптических межсоединений с помощью метода единого выражения. Проанализированы пропускательные свойства ЭОМ-а, состоящего из электрооптического слоя (ЭОС) из LiNbO_3 , покрытого тонкими проводящими нанослоями из оксид индия-олова (ОИО) и заключенного между симметричными распределенными брэгговскими отражателями (РБО) из Si/SiO_2 . Два полупрозрачных нанослоя ОИО служат электродами для подачи электрического сигнала на электрооптический материал. ЭОМ обеспечивает необходимое большое значение коэффициента прохождения и высокую резкость пиков. В качестве внешнего источника света рассматривается лазерный диод с длиной волны 1,55 мкм. Получен существенный сдвиг пика максимального прохождения резонатора при изменении диэлектрической проницаемости электрооптического материала в пределах 10^{-4} (при толщине около 1 мкм). Полученный при этом сдвиг максимума прохождения будет достаточен для амплитудной манипуляции и использования ЭОМ в коротких межчиповых оптических линиях связи.

Ключевые слова: многонанослойный электрооптический модулятор пропускательного типа, межчиповые оптические межсоединения, электромагнитное моделирование, численное моделирование, метод единого выражения.

Введение

Фотонные технологии нацелены на решение задач современных и будущих оптических межсоединений на короткие расстояния. Оптические линии связи, работающие на коротких расстояниях, имеют значительные преимущества перед электрическими аналогами для межчиповых соединений с высокими скоростями передачи данных и отсутствием перекрестных помех [1].

Преобразование высокочастотных электрических сигналов в световые возможно, управляя световым лучом с помощью внешнего модулятора, распространенным типом которого являются электрооптические модуляторы (ЭОМ).

Существуют три основных фактора, определяющих работу оптического модулятора: материал, структура модулятора и используемый электрооптический эффект [2]. Электрооптический эффект представляет собой изменение оптических свойств материала в ответ на электрическое поле приложенного сигнала. ЭОМ-ы имеют в основе нелинейные кристаллы, такие как: ниобат лития (LiNbO_3), танталат лития (LiTaO_3), титанилфосфат калия (КТР), титанат бария (BaTiO_3) и другие, либо нелинейные полимеры, показатель преломления которых зависит от силы модулирующего электрического поля [2].

Одним из основных ЭОМ-ов является микрорезонаторный модулятор типа Фабри-Перо [2], в котором показатель преломления нелинейного материала, расположенного в его структуре, модулируется приложенным микроволновым электрическим полем, что приводит к изменению показателя преломления всей резонаторной структуры и спектральному сдвигу резонансного пика и, следовательно, изменению интенсивности прошедшего света [1, 2].

В настоящей работе проведено электромагнитное моделирование оптических характеристик многослойного ЭОМ-а Фабри-Перо пропускательного типа в масштабе длины волны методом единого выражения (МЕВ) [3-5].

Метод электромагнитного моделирования

МЕВ позволяет получить стационарное решение любых многограничных задач в масштабе длины волны и является альтернативным методом для анализа взаимодействия электромагнитной волны с многослойными и модулированными структурами, состоящими из диэлектрических, полупроводниковых или металлических слоев [3-5]. В МЕВ общее решение уравнения Гельмгольца представляется в виде единого выражения:

$$\tilde{E}_x(z) = U(z) \cdot \exp(-iS(z)) \quad (1)$$

в отличие от общепринятого представления в виде суммы двух встречных волн. Величины $U(z)$ и $S(z)$ являются реальными величинами, описывающими распределения амплитуды и фазы результирующего электрического поля в среде. Эта форма представления решения описывает все возможные поведения амплитуды электрического поля в среде такие как: распространяющиеся, стоячие или затухающие волны при отрицательной диэлектрической

проницаемости. Потери, усиление или нелинейность типа Керра легко учитываются в вычислительной модели. МЭВ позволяет наблюдать локализацию интенсивности оптического поля и распределение потока энергии внутри оптических структур, что важно для оптимизации пропускательных или отражательных свойств любых микрорезонаторных структур. Подробное описание решения многогранных задач с помощью МЭВ приведено в [3, 5].

Результаты электромагнитного моделирования

Рассматривается модель ЭОМ-а Фабри-Перо пропускательного типа, состоящего из слоя нелинейного электрооптического кристалла (ЭОК), являющегося зазором между двумя многослойными зеркалами РБО. РБО представляют собой повторяющиеся двухслойки различных оптически прозрачных материалов четвертьволновой толщины, имеющие наибольшую отражательную способность на центральной длине волны в середине полосы отражения [5]. Ширина полосы отражения зависит от контраста диэлектрических проницаемостей и количества двухслоек.

ЭОК покрыт с двух сторон тонкими проводящими нанослоями (электродами) для подачи электрического сигнала в гигагерцовом диапазоне. Схематическое представление предлагаемой микрорезонаторной структуры приведено на Рис. 1.

Численное моделирование проведено для структуры Фабри-Перо с зеркалами РБО1 и РБО2, состоящими из чередующихся четвертьволновых двухслоек Si/SiO₂ с диэлектрическими проницаемостями $\varepsilon_{Si} = 12.11$ и $\varepsilon_{SiO_2} = 2.25$.

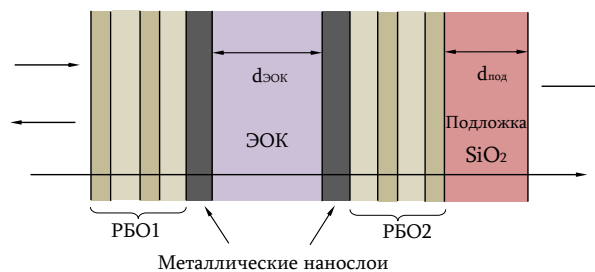


Рис. 1 Электрооптический модулятор Фабри-Перо пропускательного типа при нормальном падении оптической волны слева.

Количество чередующихся двухслоек в РБО выбирается в процессе моделирования для их достаточно высокого коэффициента отражения с целью обеспечения узкого пика полного прохождения микрорезонатора. Желательно

иметь структуру РБО, обеспечивающую достаточно высокий коэффициент отражения при небольшом количестве двухслоек, и поэтому для моделирования были выбраны 3 пары двухслоек. Зеркала симметричны относительно зазора, слои, прилегающие к нему имеют более высокую диэлектрическую проницаемость, а слои, прилегающие к подложке и на освещенной стороне структуры, имеют более низкую диэлектрическую проницаемость. Этот тип структуры обеспечивает наивысшее значение коэффициента прохождения, что важно для работы модулятора пропускательного типа.

В настоящем анализе в качестве ЭОК рассматривается кристалл LiNbO_3 с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_{\text{ЭОК}} = 4,89$. Подложка выполнена из SiO_2 с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_{\text{под}} = 2,35$. В процессе моделирования определены оптимальные толщины проводящих нанослоев, электрооптического кристалла $d_{\text{ЭОК}}$ и подложки $d_{\text{под}}$, а также количество двухслоек в РБО для обеспечения наибольшего значения коэффициента прохождения и высокой резкости ЭОМ. В качестве проводящих нанослоев материал из ОИО выбран достаточно тонким для снижения потерь в микрорезонаторе по сравнению с потерями в нанослоях из серебра или золота. Выбран слой ОИО с комплексной диэлектрической проницаемостью $\varepsilon' = -1,66$ и $\varepsilon'' = 0,82$ [6] и оптимальной толщиной $L_{\text{ОИО}} = 28,48$ нм.

Численное моделирование проведено для центральной длины волны $\lambda_0 = 1,55$ мкм, которая является рабочей длиной волны волоконно-оптических сетей связи с малыми потерями. Модулятор работает следующим образом: приложение высокочастотного электрического сигнала на электроды изменяет диэлектрическую проницаемость ЭОК, что, в свою очередь, приводит к смещению максимальных пиков прохождения микрорезонатора. Как следствие, соответствующая битовая последовательность электрического сигнала приводит к «включению/выключению» интенсивности проходящего света.

Зависимость коэффициента прохождения структуры модулятора от толщины слоя ЭОК при фиксированной длине волны $\lambda_0 = 1,55$ мкм представлена на Рис. 2а. При данных параметрах максимальное прохождение T представляет собой эквидистантные узкие пики с максимумом $T \approx 0,88$. Величины пиков ниже единицы является прямым следствием наличия потерь в двух слоях ОИО.

Согласно принципу работы анализируемого модулятора, необходимо добиться смещения пика прохождения при изменении диэлектрической прони-

цаемости ЭОК. Как следует из численного анализа, смещение пика пропорционально увеличению толщины слоя ЭОК $d_{\text{ЭОК}}$ и изменению его диэлектрической проницаемости.

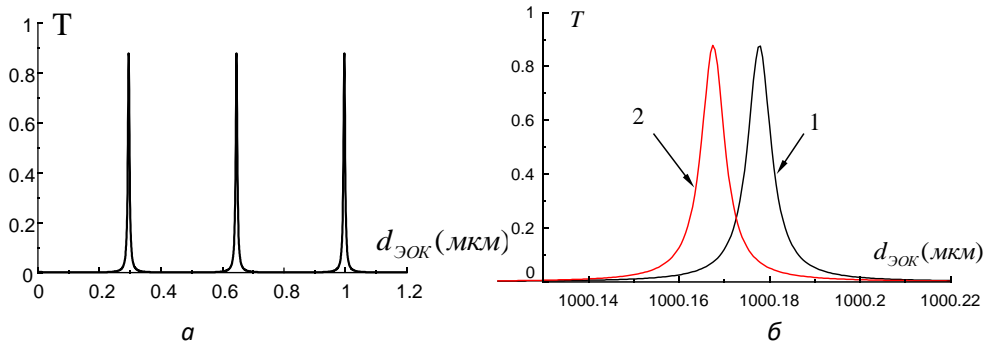


Рис. 2 а) Зависимость коэффициент прохождения структуры модулятора от толщины ЭОК (зазора) в отсутствие приложенного напряжения. б) Смещение пика прохождения при изменении диэлектрической проницаемости ЭОК: 1. $\epsilon_{\text{ЭОК}} = 4,89$, 2. $\epsilon_{\text{ЭОК}} = 4,8901$.

С целью практической реализации модулятора толщина $d_{\text{ЭОК}}$ выбрана примерно равной 1 мм. Влияние изменения диэлектрической проницаемости ЭОК на сдвиг резонансного пика показано на Рис. 2б. Существенный сдвиг пика наблюдается при изменении диэлектрической проницаемости ЭОК в диапазоне 10^{-4} . Такое изменение коэффициента прохождения структуры модулятора будет подходящим для эффективной амплитудной манипуляции и использования в межчиповых оптических линиях связи.

Заключение

Предложена и методом единого выражения численно исследована резонаторная структура ЭОМ типа Фабри-Перо, состоящая из электрооптического слоя из LiNbO_3 , покрытого тонкими проводящими нанослоями из материала ОИО (служащими для приложения электрического сигнала), заключенного между зеркалами РБО из Si/SiO_2 . Необходимое смещение пика максимального прохождения резонатора имеет место при изменении диэлектрической проницаемости ЭОК в диапазоне 10^{-4} (толщиной $d_{\text{ЭОК}} \approx 1$ мм). Этот тип ЭОМ будет полезен для эффективной амплитудной манипуляции и может быть использован для оптических межчиповых соединений на коротких расстояниях.

Увеличивая коэффициент отражения одного из зеркал РБО, можно получить модулятор отражательного типа.

Благодарности: Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета по науке РА в рамках научного проекта № 21Т-2J194.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sun Ch., et al. *A Monolithically-Integrated Chip-to-Chip Optical Link in Bulk CMOS*// *IEEE Journ. Solid-State Circuits* 50, No. 4, 2015. PP. 828–844.
2. Binh L.N. *Optical Modulation: Advanced Techniques and Applications in Transmission Systems and Networks*. CRC Press, 2018. P. 681.
3. Baghdasaryan H., Knyazyan T. Problem of plane EM wave self-action in multilayer structure: an exact solution. // *Opt. Quant. Electron.* 31, No. 9/10, 1999. PP. 1059–1072.
4. Baghdasaryan H., Knyazyan T. Modelling of strongly nonlinear sinusoidal Bragg gratings by the Method of Single Expression. // *Opt. Quant. Electron.* 32, No. 6/8, 2000. PP. 869–883.
5. Baghdasaryan H., Knyazyan T., Baghdasaryan T., Witzigmann B., Roemer F. Absorption loss influence on optical characteristics of multilayer distributed Bragg reflector: wavelength-scale analysis by the method of single expression // *Opto-Electron. Rev.* 18, No. 4, 2010. PP. 438–445.
6. Michelotti F., Dominici L., Descrovi E. et al. Thickness dependence of surface plasmon dispersion in transparent conducting oxide films at 1.55 μm // *Optics Letters* 34, No. 6, 2009. PP. 839–841.

MULTI-NANOLAYER ELECTRO-OPTICAL MODULATOR FOR CHIP-TO-CHIP OPTICAL INTERCONNECTS: ELECTROMAGNETIC MODELLING

H. Baghdasaryan¹, T. Knyazyan¹, T. Hovhannisyan¹, G. Mardoyan², M. Marciniak³

¹National Polytechnic University of Armenia, Yerevan

²Engineering City, Yerevan

³National Institute of Telecommunications, Warsaw, Poland

hovik@seua.am, ktamara@seua.am

ABSTRACT

In the present work, a transmission-type multi-nanolayer microresonant Fabry-Perot electro-optical modulator (EOM) for inter-chip optical interconnects is numerically simulated using the method of single expression. The transmission properties of the EOM consisting of an electro-optical layer (EOL) of LiNbO₃ coated with thin conducting nanolayers of Indium-tin oxide (ITO) and enclosed between symmetrical distributed Bragg reflectors (DBRs) made of Si/SiO₂, are analysed. Two semitransparent nanolayers of ITO serve as electrodes for supplying an electrical signal to an electro-optical material. The EOM provides the required high transmission coefficient and a high finesse. A laser diode with a wavelength of 1.55 μm is considered as an external light source. A significant shift of the maximal transmission peak of the resonator is obtained at the change of the permittivity of the electro-optical material in the range of 10⁻⁴ (at a thickness of about 1 nm). The shift of the transmission maximum obtained in this case

will be sufficient for on-off keying and the use of the EOM in chip-to-chip optical short communication links.

Keywords: transmission-type multi-nanolayer electro-optical modulator, chip-to-chip optical interconnects, electromagnetic modelling, numerical simulation, method of single expression.

БИОЛОГИЯ И ХИМИЯ

ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ 1,2,4-ТРИАЗОЛ-5-ТИОНА НА ОСНОВЕ ГИДРАЗИДА ИЗОНИКОТИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Г.Г. Данагулян, Т.М. Залян, В.К. Гарибян, Я.А. Карибян

*Российско-Армянский (Славянский) университет
gdanag@email.com, zalyan90@mail.ru, vache.gharibyan@mail.ru,
yan.gharibyan@gmail.com,*

АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена получению новых производных азотистых гетероциклов, сочетающих различные фармакофорные группы, в частности, фрагменты пиридина и 1,2,4-триазола. Синтезы осуществлены исходя из гидразида изоникотиновой кислоты, реакцией которого с арилзамещенными изотиоцианатами получены оригинальные тиосемикарбазиды. Последние в водном растворе щелочи циклизуются в 1,2,4-триазола содержащие пиридиновое кольцо.

Ключевые слова: гидразид, изониазид, изотиоцианаты, тиосемикарбазид, 1,2,4-триазол-5-тион.

Введение

Известно, что меркаптопроизводным азотсодержащих гетероароматических систем присуща высокая биологическая активность [1]. Не в последнюю очередь это относится и к производным 1,2,4-триазола [1–5]. В поиске биоактивных соединений немаловажно также то, что наличие в молекуле меркаптогруппы, способной находиться в различных таутомерных формах (тион-тиольной), расширяет возможности последующей модификации исходных систем.

Введение в исследуемую молекулу нескольких биогенных и фармакофорных фрагментов являлось и продолжает оставаться одним из наиболее часто применяемых способов повышения вероятности обнаружения биоактивного вещества из-за возможного синергизма, входящих в молекулу групп. В то же время в последние годы в поиске новых лекарств, в первую очередь, противоопухолевых, приоритетным и более предпочтительным становится прицельная, так называемая «таргетная терапия», основанная на непосредственном взаимодействии активного вещества с мишенью.

Гидразида азинов и азолов, в частности, пиридинкарбоновых кислот, известные своей противотуберкулезной активностью (например, препараты тубазид, фтивазид) в синтетическом плане относительно доступны. Туберкулез

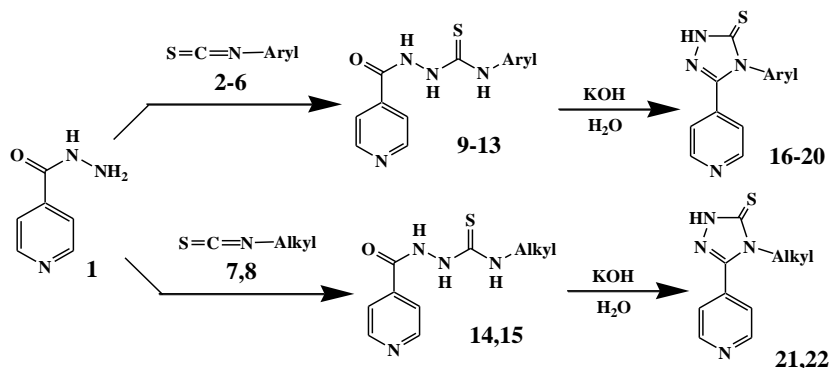
до недавнего времени причисляющийся к числу подконтрольных, то есть практически излечиваемых болезней, по статистике ВОЗ последних лет вновь получает широкое распространение [6]. Эта инфекционная болезнь стала развиваться и захватывать новые плацдармы не только в отсталых и развивающихся странах третьего мира, но и в благополучных в эпидемическом смысле развитых странах Западной Европы, России и Северной Америки, что заставляет рассматривать ее и борьбу с ней в качестве одного из важнейших направлений современной медицины.

Поэтому в данной работе нами была предпринята попытка совмещения широко используемых в медицине биогенных фрагментов – пиридина и 1,2,4-триазола (последний известен не только широким спектром биологического действия от противоопухолевого до противовоспалительного, но и данными об активности в отношении специфических опухолевых клеток, предполагающих их применение в таргентной терапии [7, 8]), в надежде на получение новой серии биологически активных соединений.

Отмеченное выше свидетельствует об актуальности и перспективности ведения исследований в данном направлении, поэтому нами были изучены способы синтеза новых гибридных соединений – производных отмеченных выше гетероциклических рядов – с целью последующего скрининга их биологической активности.

Материалы и исследование

Взаимодействием гидразида изоникотиновой кислоты (изониазид) с арил-изотиоцианатами **2–6** (соответственно, R = H, *орто*-CH₃ и *пара*-CH₃, *орто*-OCH₃ и *мета*-OCH₃), а также с бутил- и циклогексилизотиоцианатами (соответственно, **7** и **8**), были синтезированы замещенные тиосемикарбазиды **9–15**, которые дальнейшей конденсацией в водном растворе едкого кали циклизуются в производные 1,2,4-триазол-5-тиона **16–22**, содержащие в положении 3 пиридиновый фрагмент.



Aryl = C₆H₅; C₆H₄-o-CH₃; C₆H₄-n-CH₃; C₆H₄-o-OCH₃; C₆H₄-m-OCH₃
 Alkyl = C₄H₉; C₆H₁₁

4-(2-methoxyphenyl)-3-(pyridin-4-yl)-1H-1,2,4-triazole-5(4H)-thione

Структура всех полученных веществ подтверждена спектральными методами. В спектрах ЯМР ¹H конечных продуктов **16–22** в области 7.2–7.6 и 8.4–8.6 м.д. отмечены дублеты сигналов протонов пиридинового кольца, в слабом поле – 13.6–14.2 м.д., выраженный, несколько уширенный сигнал протона NH триазольного кольца, который в случае циклогексанового производного **22** отмечается в виде сильно уширенного сигнала, что свидетельствует о более выраженной, в последнем случае, таутомерии NH- и SH-форм.

Общая методика получения тиосемикарбазидов 9–15. К 0.0025 моль изониазида **1**, растворенного при нагревании в 10 мл этанола приливают раствор эквимольного количества соответствующего изотиоцианата **2–8**. Через несколько минут нагревания выпадает осадок. Продолжают кипятить в течение 6–8 ч. Далее охлаждают и отфильтровывают осадок.

Общая методика синтеза 3-(пиридил-4)-4-замещенных-4,5-дигидро-1H-1,2,4-триазол-5-тионов (16–22).

Навеску полученного выше тиосемикарбазиды **9–15** с 50%-ым избытком едкого кали смешивают в колбе и добавляют воду. Полученный раствор кипятят 4–6 часов с обратным холодильником. По окончании кипячения колбу охлаждают и раствор нейтрализуют уксусной кислотой до pH 7–7.5. Выпавший осадок отфильтровывают и сушат на воздухе. Выход продукта реакции 60–74%.

Исследование выполнено в рамках субсидии МОН РФ исследовательской деятельности Российско-Армянского университета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Саидов Н.Б., Георгиянц В.А. Алгоритм целенаправленного синтеза биологически активных веществ, производных меркапто-триазола // Фармация, № 2, 2015. СС. 13–15.
2. Машковский Д. Лекарственные средства, М.: Медицина. Т.2 1986. СС. 280–281.
3. Калдрикян М.А., Григорян Л.А., Мелик-Огаджанян Р.Г., Арсенян Ф.Г. Синтез и противоопухолевая активность некоторых бензофурилзамещенных 1,2,4-триазолов // Химико-фармацевтический журнал. Т. 43, № 5, 2009. СС. 11–13.
4. Софьина З.П., Сыркин А.Б. и др. Экспериментальная оценка противоопухолевых препаратов в СССР и США // М. «Медицина», 1980.
5. Кочикян Т.В., Арутюнян Э.В., Арутюнян В.С. Синтез новых 1,2,4-триазолов // Ученые записки ЕГУ: Химия и Биология, 2011. СС. 29–34.
6. Danilenko V.N. Mycobacterium tuberculosis “hybrid warfare”: virulence, pathogenicity, persistence and drug resistance. New counteraction concept. // MedChem-2015, July 5–10, Novosibirsk, Russia, 2015, p. 38.
7. Iradyan M.A., Iradyan N.S., Hambardzumyan A.A., Panosyan H.A., Roussakis C., Sakanyan V.A. Synthesis of furfuryl derivatives of 4-allyl-1-(4-hydroxy-3-nitrobenzyl)-3-[2-(4-alkoxyphenyl)quimolin-4-yl]-4,5-dihydro-1H-12,2,4-triazol-5-thions and their cytotoxic action on human cancer cells // Chem J. Armenia, 71(4), 559–570 (2018).
8. Ирадян М.А., Ирадян Н.С., Сумбатьян А.С., Амбарцумян А.А., Саканян В.А., Алвес де Суса Р., Боллот Г., Бовес К. Изыскание новых противоопухолевых соединений на базе фуруфурильных и 4-гидрокси-3-нитробензильных производных 4-аллил-5-[4'-галоген,-4-алк-оксиацетиламинофенил]имидазол-1-илметил]-4h-1,2,4-триазол-3-тиолов // Шестая научная конференция Армянского химического общества «Вызовы XXI века», 7–11 октября 2019г., Ер., У. I–8. С. 15.

**OBTAINING DERREVATIVES 1, 2 ,4-TRIAZOLE-5-THIONES
FROM ISONICOTINIC ACID HYDRAZIDE**

G. Danagulyan, T. Zalyan, V. Gharibyan, Y. Gharibyan
Russian-Armenian (Slavonic) University

ABSTRACT

The presented synthetic work of the Phd students of Russian-Armenian University is devoted to obtaining new derivatives of nitrogen heterocycles combining various pharmacophore groups, in particular, fragments of pyridine and 1,2,4-triazole. Syntheses were carried out based on hydrazide pyridine-4-carboxylic acid (of isoniazide) the reaction of which with aryl-substituted isothiocyanates afforded original thiosemicarbazides. The latter in the aqueous solution of alkali were cyclized to substituted pyridine derivatives of 1, 2, 4-triazole.

Keywords: hydrazide, isoniazide, isothiocyanates, thiosemicarbazide, 1, 2, 4-triazol-5-thion.

СИНТЕЗ БИНАРНЫХ СИСТЕМ СОДЕРЖАЩИХ ФРАГМЕНТ 1,2,4-ТРИАЗОЛ-5-ТИОНА И ПИРАЗОЛА

Г.Г. Данагулян, Т.М. Залян, Я.А. Карибян, В.К. Гарибян, О.С. Аттаян

*Российско-Армянский (Славянский) университет
gdanag@email.com, zalyan90@mail.ru, yan.gharibyan@gmail.com, vache.gharibyan@mail.ru, hovelenatt@mail.ru*

АННОТАЦИЯ

Данная работа посвящена получению новых производных азотистых гетероциклов, сочетающих различные фармакофорные группы, в частности, фрагменты пиримидина, пиразола и 1,2,4-триазола. Синтезы осуществлены, исходя из гидразидов гетерильных карбоновых кислот, реакцией которых с арилзамещенными изотиоцианатами получены оригинальные тиосемикарбазиды. Последние в водном растворе щелочи циклизованы в замещенные пиразоло[1,5-а] пиримидиновые и пиразольные производные 1,2,4-триазола.

Ключевые слова: гидразид, изотиоцианаты, тиосемикарбазид, пиразол, пиразоло[1,5-а] пиримидин, 1,2,4-триазол-5-тион.

Введение

Производные азолоазинов широко распространены в природе. К их числу, в частности, относятся входящие в состав нуклеиновых кислот пурины, сочетающие конденсированные пиримидиновое и имидазольное кольца.

Соединения, содержащие аннелированные и изолированные пиримидиновое и пиразольное кольца, проявляют высокую биологическую активность. Так, 2-(3-метил-5-метоксипиразол-1-ил)4-метил-6-метоксипиримидин (препарат DA-398 и “Merpizizole” используются в качестве жаропонижающего и противовоспалительного средства) [1, 2]. Они проявляют также противоопухолевое действие и обладают умеренной активностью в отношении вируса классической чумы птиц [3, 4]. Ранее было показано также, что 7-бензил-5-метил-1, 2, 4-триазоло[2, 3-с] пиримидин обладает выраженным антигистаминным действием, проявляет мембраностабилизирующей и холинолитической активностью. В литературе немало сообщений о проявлении этой группой веществ противоопухолевой, противотуберкулезной, антибактериальной, противосудорожной активности [5–13].

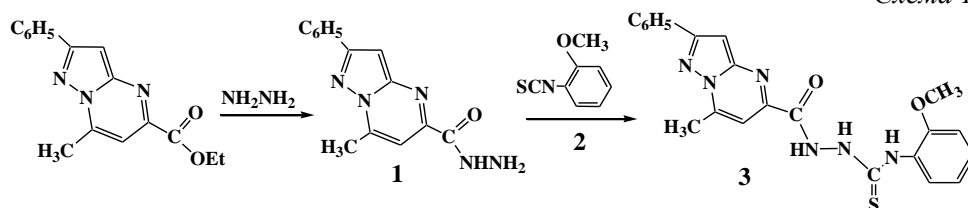
Особо следует отметить актуальность синтеза и изучения пиразоло [1,5-а] пиримидинов, обусловленную их высокой биологической активностью. Так, соединения, содержащие в пиразольном кольце арилсульфонильный фрагмент, являются антагонистами 5-НТ₆ рецепторов, связанных с G белками

(GPCR) [14–17]. Посредством G белка Gs 5-НТ₆ рецептор связан с аденилатциклазой - ферментом, катализирующим синтез циклического аденозинмонофосфата (цАМФ) из АТФ. Кроме того установлено, что 5-НТ₆Р влияет на ряд нейромедиаторных путей, включая холинергические, норадренергические, глутаматергические и допаминергические системы. Поэтому этот тип рецепторов рассматривают как особенно привлекательную мишень для разработки новых лекарственных средств при лечении различных заболеваний ЦНС, в частности, шизофрении, болезни Альцгеймера. Еще одним свойством антагонистов 5-НТ₆Р является их способность подавлять аппетит, что может привести к созданию на их основе принципиально новых средств для снижения избыточного веса и ожирения. Известно также, что они обладают и способностью ингибировать ГАМКа-рецепторы и пригодны для лечения и профилактики состояния тревоги, а также эпилепсии и расстройств сна [18], а препарат «Залеплон» (Zaleplon), созданный на базе пиразоло[1,5-а]пиримидина, применяется в качестве седативного средства и снотворного [19].

Отмеченное выше свидетельствует об актуальности синтеза новых систем, сочетающих азиновые системы, в особенности фрагменты пиразоло[1,5-а]пиримидина, с азолами.

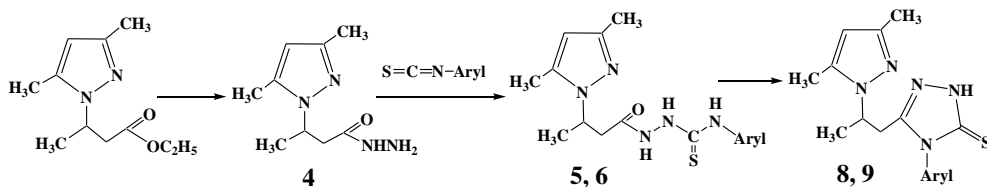
Материалы и исследование

Нами осуществлены исследования, направленные на разработку методов синтеза бинарных соединений, сочетающих фрагменты бициклического пиразоло [1,5-а] пиримидина, либо замещенных производных моноциклического пиразола, с 1,2,4-триазолами. С этой целью взаимодействием гидразида соответствующей карбоновой кислоты, а именно, гидразида 2-фенил-7-метилпиразоло [1,5-а] пиримидин-5-илкарбоновой кислоты (**1**) с орто-метоксифенилизоотиоцианатом (**2**) был синтезирован орто-метоксифенилтиосемикарбазид 2-фенил-7-метилпиразоло [1,5-а] пиримидин-5-илкарбоновой кислоты (**3**) (схема 1).



Аналогично приведенному выше, реакцией гидразида 3-(3,5-диметилпиразол-1-ил)бутановой кислоты (**4**) с арилизоотиоцианатами, были синтезированы арилтиосемикарбазиды 3-(3,5-диметилпиразол-1-ил)бутановой кислоты (**5** и **6**) (схема 2). Отметим, что сами исходные гидразиды были получены нами из этиловых эфиров соответствующих карбоновых кислот взаимодействием с гидратом гидразина.

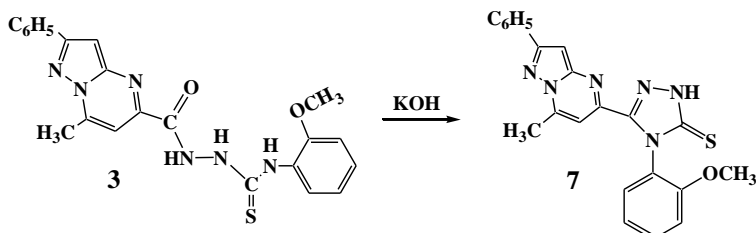
Схема 2.



Aryl = C₆H₅; C₆H₄-m-CH₃

Синтезированные арилтиосемикарбазиды 2-фенил-7-метилпиразоло [1,5-*a*] пиримидин-5-илкарбоновой кислоты (**3**) и 3-(3,5-диметилпиразол-1-ил) бутановой кислоты (**5** и **6**), кипячением в водном растворе щелочи циклизованы в замещенные производные 1,2,4-триазола **7–9** (Схемы 2, 3).

Схема 3.



Общая методика получения тиосемикарбазидов 3, 5 и 6. К 0,0025 моль гидразида **1** или **4**, растворенного при нагревании в этаноле приливают раствор 0,0025 моль соответствующего арилизоотиоцианата. Через несколько минут нагревания может выпасть осадок. Реакционную смесь продолжают кипятить с обратным холодильником в течение 6–8 ч. Далее охлаждают и отфильтровывают осадок.

Получение 4-(2-метоксифенил)-3-(7-метил-2-фенилпиразоло [1,5-*a*] пиримидин-5-ил)-1*H*-1,2,4-триазол-5(4*H*)-тиона (7). Взаимодействием водных растворов 2-метоксифенилтиосемикарбазид 2-фенил-7-метилпиразоло [1,5-*a*]пиримидин-5-илкарбоновой кислоты (**3**) со взятым в соотношении 1:1,5 избытком водного раствора едкого кали кипячением с обратным холодильником

ком, с последующей нейтрализацией разбавленным раствором уксусной кислоты получают с выходом 75% 4-(2-метоксифенил)-3-(7-метил-2-фенилпиразоло[1,5-*a*]пиримидин-5-ил)-1*H*-1,2,4-триазол-5(4*H*)-тион (7).

Общая методика синтеза 3-[2-(3,5-диметилпиразол-1-ил)пропил]-4-арилзамещенных-1*H*-1,2,4-триазол-5(4*H*)-тионов (8, 9).

Аналогично приведенному выше, реакцией в 20 мл водного раствора КОН (0,015 моль) с 0,01 моль соответствующего тиосемикарбазида, последующим охлаждением и нейтрализацией водного раствора получают осадок триазола 8 или 9.

Исследование выполнено в рамках субсидии МОН РФ исследовательской деятельности Российско-Армянского (Славянского) университета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данагулян Г.Г., Саакян Л.Г., Залинян М.Г., Терентьев П.Б. Синтез и масс-спектральное исследование некоторых замещенных 6-(пиразол-1-ил)пиримидинов. // ХГС, 1997, № 6. СС. 801–806.
2. Данагулян Г.Г., Залинян М.Г., Саакян Л.Г. Синтез и биологическая активность некоторых 2-бензил-6-(замещенных пиразол-1-ил)пиримидинов. // Тезисы докладов Мвжинститутского коллоквиума «Химия азотистых гетероциклов», М.Черноголовка, 1995. С. 95.
3. Japan Kokai 76,128,987 (1976)-2-(3-Methyl-1-pyrazolyl)-4-alkoxy-6-methylpyrimidines. // Hirajama T., Nakagawa K. // С.А., 1977, Vol.86, 17149г.
4. Japan Kokai 76,16,681 (1976). Purification of mepirizole // Asai S., Nakagawa K., Hirajama T. // С.А., 1976, Vol.85, 123961b.
5. Пат. 4492 (Япония), 1964. 2-(Pyrazol-1-yl)-6-mercaptopyrimidines // Shirakawa Kenzo. / С.А. 1964. Vol. 61. 5666.
6. Пат. 4493 (Япония), 1964. 2-(Pyrazol-1-yl)-6-halopyrimidine derivatives // Shirakawa Kenzo / С. А. 1964. Vol. 61. 5666.
7. Пат. 4491 (Япония), 1964. 2-(Pyrazol-1-yl)pyrimidine derivatives // Shirakawa Kenzo. / С.А. 1964. Vol. 61. 5666. / РЖ. Химия. 1967. 1Н 307 П.
8. Пат. 4637 (Япония), 1964. Pyrimidinylguanazole // Shirakawa K., Tsujikawa T., Tsuda T. / С.А. 1964. Vol. 61. 5667.
9. Tsujikawa T., Tsuda T. Изучение производных пиримидина. XII. Синтез (пиразолил-1) пиримидинов-2. "Annual Repts Takeda Lab". 1963. Vol. 22. 27–46. // РЖ. Химия. 1965. – 8Ж 269.
10. Пат. 5040 (Япония), 1964. 4-(1-Pyrazolyl) pyrimidines // Shirakawa K., Tsujikawa T. / РЖ. Химия. 1967. 10 Н 316 П. / С.А. 1964. Vol. 61. 7025 f.
11. Takeo N., Loshikawa T., Kitaharo Shin-ichi, Nao A. Studies on pyrimidinylpyrazoles I. Syntheses of 1 and 2-pyrimidinyl-3-methylpyrazolin-5-one derivatives. Chem. and Pharmac. Bull. 1969. Vol. 17. № 7. 1467–1478 // РЖ. Химия. 1970. 6Ж 501.
12. Nishimura T., Miyamoto Y., Fukuyasu H. Antiviral compounds. X. Synthesis and anti-influenza virus activity of 2-substituted 5-alkyl-6-hydroxy-4-methyl-pyrimidines. Yakugaku Zasshi. 1976. Vol. 96. № 3. P. 384. // С.А. 1976. Vol. 85. 355 z.
13. Akimoto T., Tsukada W., Yamasaki T., Kajima H., Kasahara A., Akashi A., Ya-maguchik, Oshima Y. Pharmacological studies on 1-(4-methoxy-6-methyl-2-pyrimidinyl)-3-methyl-5-

- methoxy-pyrazole (DA-398), a new anti-inflammatory agent. *Nippon Yakugaku Zasshi*. 1969. Vol. 65. № 4. PP. 378–409 // С.А. 1970. Vol. 73. 97256.
14. Крыльский Д.В., Чувашилев А.С., Арзамасцев А.П., Сливкин А.И. Синтез новых пиразоло [1,5-а]пиримидинов / *Химико-фармацевтический журнал*. 2009. Т. 43, № 6. СС. 3–5.
 15. Иващенко А.А., Иващенко А.В., Савчук Н.Ф. 2-Алкиламино-3-арилсульфонилциклоалкано [е или d]пиразоло[1,5-а]пиримидины-антагонисты серотониновых 5-НТ6 рецепторов, способы их получения и применения // WO 2009/093209 2009.07.30.
 16. Woolley M.L. 5-HT6 receptors. *Curr. Drug Targets CNS Neural. Disord.* 2004; 3: 59–79.
 17. Vicker S., Dourish C.T. Serotonin receptor ligands and the treatment of obesity. *Curr. Opin. Investig. Drugs.* 2004; 5: 377–388.
 18. Holenz J., Pauwels P., Diaz J., Merce R., Codony X., Buschmann H. Medicinal chemistry strategies to 5-HT6 receptor ligands as potential cognitive enhancers and antiobesity agents. *Drug Disc. Today.* 2006; 11: 283–299.
 19. Lake B. *et al.* Metabolism of zaleplon by human liver: evidence for involvement of aldehyde oxidase, *Xenobiotica*, 2002, Oct; 32 (10): 835–47.

SYNTHESIS OF BINARY SYSTEMS CONTAINING FRAGMENTS 1,2,4-TRIAZOLE-5-THION AND PYRAZOLE

G. Danagulyan, T. Zalyan, Y. Gharibyan, V. Gharibyan, H. Attaryan
Russian-Armenian (Slavonic) University

ABSTRACT

The presented synthetic work is devoted to obtaining new derivatives of nitrogen heterocycles combining various pharmacophore groups, in particular, fragments of pyrimidine, pyrazole and 1,2,4-triazole. Syntheses were carried out based on hydrazides of heteryl carboxylic acids, the reaction of which with aryl-substituted isothiocyanates afforded original thiosemicarbazides. The latter in the aqueous solution of alkali were cyclized to substituted pyrazolo [1,5-a] pyrimidine and pyrazol derivatives of 1,2,4-triazole.

Keywords: hydrazide, isothiocyanates, thiosemicarbazide, pyrazole, pyrazolo [1,5-a] pyrimidine, 1,2,4-triazol-5-thion.

ՈՒՍԱՆՈՂՆԵՐԻ ԱՆԴԱՍՏԱԿԱՅԻՆ ՎԵՐԼՈՒԾԻՉԻ ԳՈՐԾԱՌԱԿԱՆ ՎԻՃԱԿԻՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ

Մ.Պ. Կիրակոսյան, Տ.Ա. Մանուկյան

*Հ. Թումանյանի անվան Վանաձորի պետական համալսարան
marykirakosian28@gmail.com, tatevikmanukyan2001@gmail.com*

ԱՍՓՈՓՈՒՄ

Ուսումնասիրվել է անդաստակային վերլուծիչի գործառական վիճակը Վանաձորի պետական համալսարանի ուսանողների շրջանում: Ստատոկոորդինատոր և ստատոկինետիկ փորձարկումների կիրառմամբ կատարված հետազոտության արդյունքում բացահայտվել են վեստիբուլյար խանգարումներ ունեցող ուսանողներ:

Հիմնաբառեր` հավասարակշռություն, ստատոկոորդինատոր և ստատոկինետիկ փորձարկումներ, վեստիբուլյար խանգարումներ, ուղեղիկի ախտահարում:

Ներածություն

Անդաստակային ապարատը երեք կիսաբոլոր խողովակների, նախադրան երկու թաղանթային` կլոր և ձվաձև պարկիկներից կազմված համակարգ է և համարվում է մարմնի ծանրության կենտրոնի դիրքը կայուն պահող համակարգերից գլխավորը: Այն մշտապես վերահսկում է հենաշարժիչ և ակնաշարժ համակարգերի վիճակը և ապահովում է հավասարակշռության բարդ ֆունկցիայի իրականացումը, ինչի շնորհիվ մարդը կարողանում է հեշտությամբ պահպանել մարմնի ուղղահայաց դիրքը, իսկ տեղաշարժվելիս` չընկնել [1,6]: Անդաստակային համակարգի վերաբերյալ առաջին տեղեկությունները ստացվել են դեռևս մ.թ.ա. 4-րդ դարում (Արիստոտել) [3]: Մեր ժամանակներում վեստիբուլյար համակարգի հետ կապված հետազոտություններով զբաղվում են Վ.Ռ. Գոֆմանը, Ն.Ն. Լոզանովը, Վ.Ի. Ուսաչովը, Յ.Կ. Յանովան, Կ.Վ. Գերասիմովան և մի շարք այլ գիտնականներ:

Անդաստակային վերլուծիչի գործառական վիճակի խախտումը կարող է լուրջ հետևանքներ թողնել մարդկանց թե՛ ֆիզիկական և թե՛ մտավոր աշխատունակության վրա: Այդ պատճառով որպես ուսումնասիրության օբյեկտ ընտրվել են ուսանողները, քանի որ բարձր մտավոր աշխատունակությունը ուսումնական գործընթացի արդյունավետ կազմակերպման պարտադիր գրավական է:

Ելնելով վերոնշյալից՝ աշխատանքի նպատակն է ուսումնասիրել Վա- նաձորի պետական համալսարանի (ՎՊՀ-ի) ուսանողների անդաստա- կային վերլուծիչի գործառական վիճակը:

Նպատակին հասնելու համար մեր առջև դրել ենք հետևյալ խնդիր- ները.

- Պարզել ՎՊՀ ուսանողների շրջանում հավասարակշռության պահ- պանմանն գլխապտույտի հետ կապված խնդիրների առկայությունը:
- Ուսումնասիրել անդաստակային ապարատի գործառական վիճակը ստատոկոորդինատոր և ստատոկինետիկ փորձարկումների կիրառ- մամբ:

Նյութը և մեթոդները

Ուսումնասիրությունները անցկացվել են ՎՊՀ-ի թվով 31 ուսանողնե- րի շրջանում: Կիրառվել են անկետավորման, ստատոկոորդինատոր և ստատոկինետիկ փորձարկումների մեթոդներ՝ «Կայունություն Ռոմբեր- գի դիրքում», «Քայլք ուղիղ գծով», «Ֆլանգային քայլք», «Մատ-քթային» փորձարկում, «Ադիա-դոխոկինետ», «Առաջ պարզած ձեռքերի կամ Ֆիշեր- Բարեի» փորձարկում:

Անկետավորման արդյունքները ցույց են տվել, որ գլխապտույտ է ունենում հարցվածների 35,5%-ը: Արդյունքները ներկայացված են Աղյուսակ 1-ում:

Աղյուսակ 1. Ուսանողների անկետավորման արդյունքները:

Ունենում ե՞ք արդյոք գլխապտույտ	
«այո» n=11	«ոչ» n=20
Հետևյալ նկարագրություններից ո՞րն է համապատասխանում գլխապտույտի ժամանակ Ձեր զգացողություններին	
ա) առարկաների պտտման զգացում Ձեր շուրջը կամ Ձեր ներսում, n=6 բ) «ցատկող» տեսողություն քայլելիս, n=0 գ) զգացողություն, որ ինչ-որ մեկը Ձեր մարմինը հրում է առաջ, հետ կամ դեպի կողմ, n=2	դ) շարունակական շարժման զգացում մեքենայում՝ արգելակելիս, n=1 ե) տեսողության մթազում, գիտակցության մթազում, նախաուշագնացային վիճակ, «անդունդն ընկնելու» զգացում (հատկապես առավոտյան՝ անկողնուց վեր կենալու ժամանակ) n=2
Ի՞նչ հաճախականությամբ եք ունենում գլխապտույտ	
ա) անընդհատ, n=0	բ) ժամանակ առ ժամանակ, n=11
Ի՞նչքան է տևում գլխապտույտը	

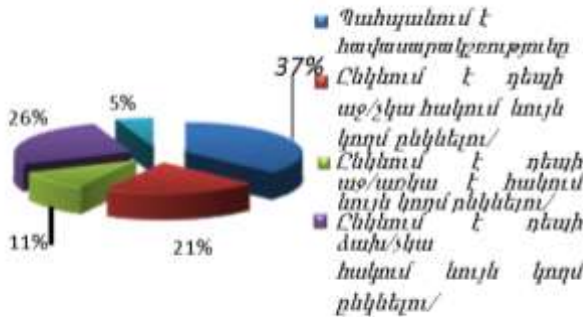
ա) վայրկյաններ, n=9բ) բույներ, n=1	գ) ժամեր, n=1, դ) օրեր/շաբաթներ, n=0 ե) տարիներ, n=0
Ի՞նչը կարող է հրահրել գլխապտույտ	
ա) գլխի դիրքի փոփոխություն (գլուխը թեքել, շրջվել անկողնում) n=3 բ) սթրես, բաց տարածքներ (սուպեր-մարկետ, դաշտ) n=1 գ) բարձրաձայն հնչյունները, ծանրություն բարձրացնելը, փոշոտոցը n=1 դ) վերելակում, ինքնաթիռում n=2	ե) քաղցած ժամանակ n=2 զ) տաք ցնցուղի ժամանակ, շոգ եղանակին, ակոհոլ խմելիս n=1 է) պտկած կամ նստած դիրքից վերկենալիս n=1 թ) նավի մեջ, մեքենայում n=0
Ի՞նչ ախտանշաններ են ուղեկցում գլխապտույտին	
ա) ականջի ախտանշաններ (զնգոց ականջում, լսողության կորուստ n=0	բ) սրտխառնոց, փսխում n=1 գ) գլխացավ, հատկապես ուղեկցվում է ֆոտոֆորբիայով, ֆոնոֆորբիա՝ միզրեն n=1
Ունե՞ք արդյոք հիվանդություններ կապված միջին ականջի, ԿՆՀ-ի հետ, բնորոշվել է ք օտոտոքսիկ պրեպարատներ	
«ոչ» n=31	
Նախկինում ունեցել է ք կամ այժմ ունե՞ք բողոքներ՝ կապված մարմնի հավասարակշռության պահպանման հետ	
«ոչ» n=30	
«այո» n=1/նախկինում, վնասվածք/	
Տրանսպորտային միջոցներով երթևեկելիս ունենում է ք արդյոք սրտխառնոց	
«այո» n=13	
«ոչ» n=18	
Անդաստակային ապարատի հետազոտում չի կարելի անցկացնել թեստում նշված որոշ դեպքերում: Արդյո՞ք Ձեզ մոտ առկա է վերոգրյալ հակացուցումներից որևէ մեկը	
«այո» n=1	
«ոչ» n=30	

Անկետավորման արդյունքները ցույց են տալիս, որ գլխապտույտ ունեցող ուսանողների մեծամասնության՝ 82% մոտ գլխապտույտի պատճառը վեստիբուլյար ապարատի ախտահարումն է: Գլխապտույտի նույնպիսի տևողությունը խոսում է նրանց 82%-ի մոտ ենթադրյալ բարորակ պարոքսիզմալ դիրքային գլխապտույտի մասին, 9%-ի մոտ գլխապտույտը կարող է պայմանավորված լինել անցումային իշեմիկ նոպայով, 9%-մոտ, հավանաբար, Մենյերի հիվանդությամբ:

«Գայունություն Ռոմբերգի դիրքում» փորձարկման արդյունքներով հավասարակշռությունը պահպանում են փորձարկվածների 37%-ը, իսկ 63%-ի մոտգրանցվել են շեղումներ: Ընդ որում, 47%-ի մոտ գլուխը կողմ թեքելուց հետո իրանըկրկին նույն կողմը չի թեքվում, ինչը փաստում է, որ

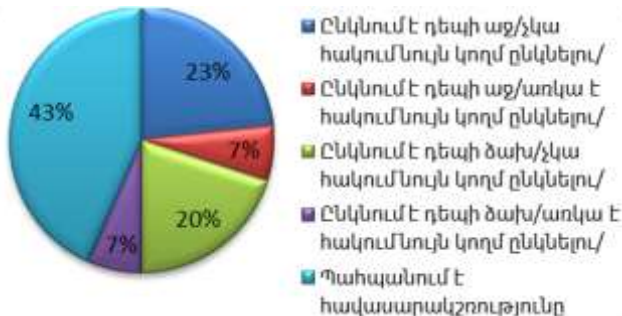
խնդիրը կապված է վեստիբուլյար ապարատի հետ: Ենթադրաբար, փորձարկվողների 21%-ի մոտձախակողմյան, 26% ուսանողների մոտ՝ աջակողմյան լաբիրինթիտ է:

Հետազոտվածների 16%-ի մոտ խնդիրը կարող է կապված լինել ուղեղիկի կիսագնդերի ախտահարման հետ, քանի որ գլուխը կողմ թեքելիս նկատվում է նույն կողմի վրա իրանի թեքում: Մասնավորապես, 11%-ի մոտ գլուխը թեքելուց հետո նկատվել է հակում ընկնելու դեպի աջ, 5%-ի մոտ՝ ձախ (տես՝ նկ. 1):



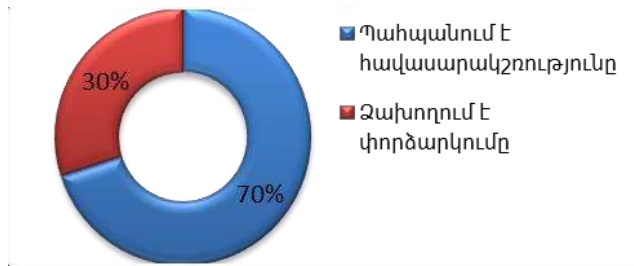
Նկար 1. «Կայունություն Ռոմբերգի դիրքում» փորձարկման արդյունքները:

«Քայլք ուղիղ գծով» փորձարկման արդյունքները պարզեցին, որ հետազոտվողների միայն 43%-ն է հավասարակշռությունը լավ պահպանում, մինչդեռ 30%-ը ընկնում է դեպի աջ, իսկ 27%-ը՝ դեպի ձախ: Նրանցից վեստիբուլյարախտահարում է նկատվում 43%-ի մոտ, իսկ ուսանողների 14%-ի մոտ խնդիրը, ենթադրաբար, պայմանավորված է ուղեղիկի ախտահարումով (տես՝ նկ. 2):



Նկար 2. «Քայլք ուղիղ գծով» փորձարկման արդյունքները:

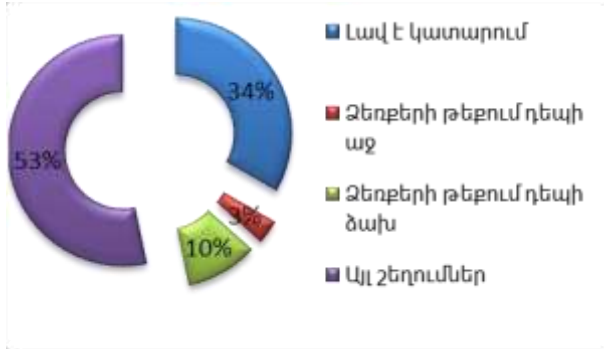
Ինչպես «Կայունություն Ռոմբերգի դիրքում» փորձարկման պարագայում, այնպես էլ այս փորձարկումը կատարելիս փորձարկվողի շեղումը այս կամ այն կողմ կարող է պայմանավորված լինել ուղեղիկի նույնական կիսագնդի ախտահարումով կամ լաբիրինթի ֆունկցիայի Ֆլանգային քայլքի խանգարումը փաստում է ուղեղիկի նույնական կիսագնդի ախտահարման մասին [2, 7]: Փորձարկվածների 70%-ը կարողացել է հաղթահարել հակակողմնային ուժեղացումով [7]: Ֆլանգային քայլքի խանգարումը փաստում է ուղեղիկի նույնական կիսագնդի ախտահարման մասին [2, 7]: Փորձարկվածների 70%-ը կարողացել է հաղթահարել փորձարկումը, իսկ 30%-ը ձախողում է վերջինս (տես՝ նկար 3):



Նկար 3. «Ֆլանգային քայլք» փորձարկման արդյունքները:

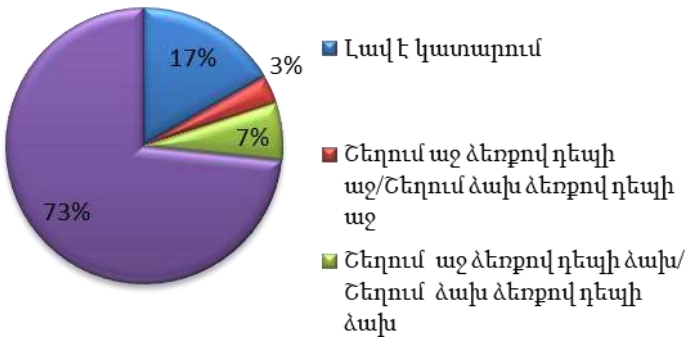
«Ադիադոլիսկինեզ» փորձարկումը հետազոտվողների 100%-ի մոտ ցույց է տվել դրական արդյունք՝ բարեհաջող երկու ձեռքերով միաժամանակ կատարել են վերհակում և վարհակում: «Ադիադոլիսկինեզ» փորձարկման ձախողում նկատվում է միայն ուղեղիկի կիսագնդերի ախտահարման դեպքում [2]: Ի հակադրություն այս փորձարկման արդյունքների, վերը նշված ուսումնասիրությունների արդյունքները ցույց են տալիս, որ այնուամենայնիվ կան ուսանողներ ուղեղիկային ախտահարումով: Վերոգրյալի պատճառը ուղեղիկի տարբեր կորիզների գործառական տարբերությունն է [8]:

«Առաջ պարզած ձեռքերի կամ Ֆիշեր Բարեի» փորձարկման արդյունքները ցույց տվեցին, որ փորձարկվածների 34%-ը փորձարկումը լավ է կատարում, իսկ 13%-ի մոտ նկատվում է վեստիբուլյար ախտահարում (տես՝ նկ. 4):



Նկար 4. «Առաջ պարզած ձեռքերի կամ: «Ֆիշեր Բարեի» փորձարկման արդյունքները

Նորմայում փորձարկվողը պետք է կարողանա երկար ժամանակ պահել ձեռքերը տրված դիրքում: Անդաստակային վերլուծիչի ծայրամասային բաժնի միակողմանի ախտահարման պարագայում նկատվում է ձեռքերի թեքում դեպի ճնշված լարիհինթի կողմը [2]: Ինչպես ցույց են տալիս արդյունքները, նկատվում են շեղումներ, թե՛ աջակողմյան և թե՛ ձախակողմյան ուղղությամբ, մասնավորապես՝ 3%-ի մոտ դեպի աջ, իսկ 10%-ի մոտ դեպի ձախ: Այլ շեղումներ նկատվում են 53% հետազոտվողների մոտ, վերջինիս ենթադրյալ պատճառը ուղեղիկի կիսագնդերի ախտահարումն է:



Նկար 5. «Մատ-քթային» փորձարկման արդյունքները:

«Մատ-քթային» փորձարկման արդյունքներով հետազոտվողների 17%-ը հեշտությամբ կատարում է վարժությունը, վեստիբուլյար ախտահարումներ նկատվում են փորձարկվողների 10%-ի մոտ, իսկ 73%-ի մոտ նկատվող շեղումների պատճառ կարող է հանդիսանալ ուղեղիկի ախտահարումը (տես՝ նկ. 5):

Փորձարկումը ձախողելու դեպքում կատարվում է դիֆերենցիալ ախտորոշում ուղեղիկի և անդաստակային ապարատի վնասվածքների միջև [7]:

Այսպիսով, անդաստակային վերլուծիչի գործառական վիճակի ուսումնասիրումը ՎՊՀ-ի ուսանողների շրջանում պարզել է, որ բացասական վեստիբուլյար ռեակցիաներ է արձանագրվել նշանակալի քանակի ուսանողների մոտ, մասնավորապես՝ «Մատ-քթային», «Առաջ պարզած ձեռքերի կամ Ֆիշեր Բարեի», «Կայունություն Ռոմբերգի դիրքում», «Քայլք ուղիղ գծով» փորձարկումների արդյունքներով, համապատասխանաբար՝ 10%, 13%, 47% և 43%: Ելնելով ստացված արդյունքներից, նախատեսվում է վեստիբուլյար խանգարումներ ունեցող ուսանողների տվյալները (իրենց համաձայնությամբ) տրամադրել «Արվեստի և սպորտի» ամբիոն՝ մարմնակրթության դասաժամերին այդ ուսանողների նկատմամբ առողջական խնդիրներին համապատասխան մոտեցում ցուցաբերելու նպատակով:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. *Арефьева Н.А., Гусева Е.Д., Богоманова Д.Н., Савельева Е.Е.* Анатомия, физиология и методы исследования ЛОР органов. Уч. пос. для студентов, Уфа: ГБОУ ВПО БГМУ Минздрава России, 2013. С. 85.
2. *Крюков А.И., Пальчун В.Т., Кунельская Н.Л., Левина Ю.В., Гусева А.Л., Магомедов М.М., Гуров А.В., Кирасирова Е.А., Огородников Д.С., Муратов Д.Л., Кучеров А.Г., Суриков Е.В., Гусева О.А., Юшкина М.А., Ордер Р.Я.* Органы слуха и равновесия-анатомия, физиология, методы исследования. Уч. пособие, М.: ГБОУ ВПО РНИМУ имени Н.И. Пирогова Минздрава России, 2016. СС. 70–73.
3. *Соколов Ю.А., Пантюхов А.П., Кориук М. В.* Вестибулометрия в практике врачебно-летней экспертизы. Учебно-методическое пособие, Минск: БГМУ, 2014, СС. 4–6, 10–12.
4. *Desmond A.* Vestibular function: evaluation and treatment. New York, Stuttgart: Thieme, 2004. P. 228.
5. *Brumback R., Claudet R.* Neurology and clinical neuroscience. Oklahoma notes, 1996; 186p.
6. <https://atlas.ru/blog/chto-takoie-ravnoviesiie-i-kak-rabotaiet-vestibuliarnyi-apparat/>
7. <http://pro-audiologia.ru/images/pdf/vertigo.pdf>.
8. https://ysmubooks.am/uploads/Normal_fiziology_@M_2019-end.pdf.

ИЗУЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВЕСТИБУЛЯРНОГО АНАЛИЗАТОРА У СТУДЕНТОВ

М.П. Киракосян, Т.А. Манукян

Ванадзорский государственный университет им. О. Туманяна

АННОТАЦИЯ

Исследовано функциональное состояние вестибулярного анализатора у студентов Ванадзорского государственного университета. С помощью статокординаторных и статокинетических проб были выявлены студенты с вестибулярными расстройствами.

Ключевые слова: равновесие, статокординаторные и статокинетические пробы, вестибулярные расстройства, поражение мозжечка.

STUDYING THE FUNCTIONAL STATE OF THE VESTIBULAR ANALYZER OF STUDENTS

M. Kirakosyan, T. Manukyan

Vanadzor State University after H. Tumanyan

ABSTRACT

The functional state of the vestibular system has been studied among the students of Vanadzor State University. Students with vestibular disorders were identified during statocoordinatory and statokinetic tests.

Keywords: equilibrium, statocoordinator and statokinetic tests, vestibular disorders, cerebellar lesion.

ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ПРОТИВОГРИБКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ: ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ФАРМАЦЕВТИКЕ

А.А. Мнацаканян¹, А.М. Григорян^{1,2}, А.Р. Микаелян¹

¹*НАУА Научный центр агробиотехнологии,*

²*Российско-Армянский университет,*

carmenuhi2@gmail.com, anna.grigoryan@rau.am, arammik@yahoo.com

АННОТАЦИЯ

Функционально замещенные циклопропан карбоновые кислоты являются перспективными структурными основами для физиологически активных соединений различных классов. Известен ряд соединений с аналогичным строением и фунгицидными свойствами. В частности, Октицил-2-октилциклопропан 1-карбоновая кислота. Известен также ряд соединений с аналогичным строением и фунгицидными свойствами, в частности, Октицил-2-октилциклопропан 1-карбоновая кислота. Широко используется в медицине, в составе различных противогрибковых препаратов. В связи с этим нами был изучен и разработан новый, технологически доступный метод синтеза, синтетических аналогов Октицила:1-хлор-2-гексилциклопропан-1-карбоновая кислота и 1-хлор-2- фенилциклопропан-1-карбоновая кислота. Изучена противогрибковая активность синтезированных соединений на ряд условно-патогенных штаммов.

Ключевые слова: циклопропанкарбоновая кислота, Октицил, фунгистатные свойства, фунгицидные свойства, стереоселективность.

Введение

Разработка новых эффективных противогрибковых препаратов весьма актуальна в области сельского хозяйства и фармацевтики. Известен ряд соединений этого класса на основе функционально замещенных циклопропанкарбоновых кислот [1]. Эти соединения являются основой ряда высокоэффективных фунгицидов. Широко распространен препарат Октицил-2-октилциклопропан-1-карбоновая кислота [2] (Рис.1). Достаточно эффективно применяется в медицине для лечения дерматофитов, эритразманов и стригущего лишая [3, 2].

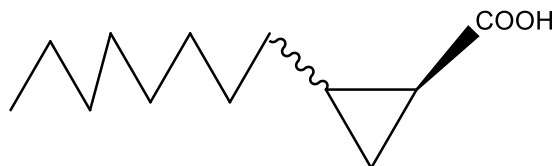


Рис.1. Октицил-2-октилциклопропан-1-карбоновая кислота.

Производственный синтез Октилцила основан на реакции присоединения диазоуксусной кислоты с 1-деценом. С учетом технологических особенностей этого процесса и взрывоопасности нами разработан технологически доступный способ стереоселективного синтеза действующего вещества лекарственной формы октила и его структурных аналогов. Путем реакции присоединения производных трихлоруксусной кислоты с различным олефинами.

Материалы и методы

Обобщенная схема синтеза аналогов Октицила состоит из трех стадий: реакция присоединения, циклизации и омыления.

Реакция присоединения к производным трихлоруксусной кислоты к олефинов (1 – октен, стирол) [4]. По данному методу были получены α,α,γ -трихлоркарбоновые кислоты (Рис.2). Реакция протекает примерно 3–4 часа в среде ДМСО при температуре 80°C. Катализатором являются аминные комплексы одновалентной меди, выход составляет около 90%. Нами впервые было показано, что, наряду с аддуктом 1,2-присоединения, образуются также продукт 2,1-присоединения. Отметим, что 2,1-присоединения зафиксировано при нитриле трихлоруксусной кислоты (наиболее реакционно-способный телоген) – соотношение в этом случае около 30/70.

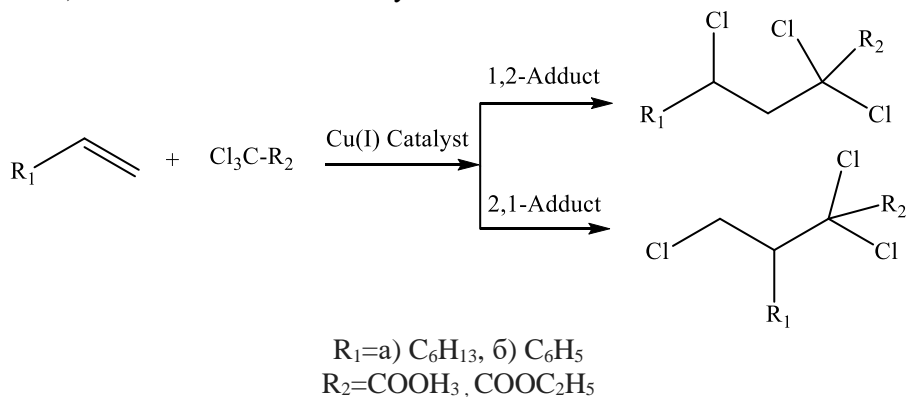


Рис.2. Общая схема синтеза α, α, γ -трихлоркарбоновых кислот.

Второй этап – это реакция циклопропанирования получаемых α,α,γ -трихлоркарбоновых кислот путем 1,3-дегалогенирования (Рис.3). Реакция протекает в присутствии пары Zn/Cu в среде 1,4-диоксана. Процесс протекает контролируемо, предотвращается влияние высоких температур и возможных побочных реакций. Циклизация является также стереоселективной. В смеси

стереоизомеров циклических эфиров было определено, что мажорный E изомер составляет ~75 %.

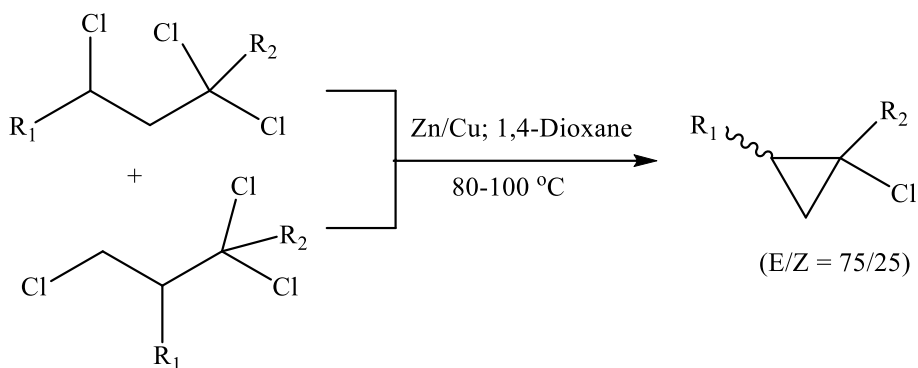


Рис.3. Общая схема реакции циклизации.

Третий этап – это реакция омыления. Омыление проводят 15% раствором едкого натра при температуре 40°C, отделяют образовавшийся карбоксильный анион в виде кислоты прибавлением 1 н. соляной кислоты.

Соответствующая кислота была получена в виде кристаллов. Учитывая выход этой стадии (~70 %) и предполагая, что (Z)-изомер эфира в условиях омыления мог подвергаться дегидрохлорированию (анти-расположение элиминирующих атомов) и дальнейшему осмолению, мажорному изомеру нами была приписана (E)-конфигурация [5].

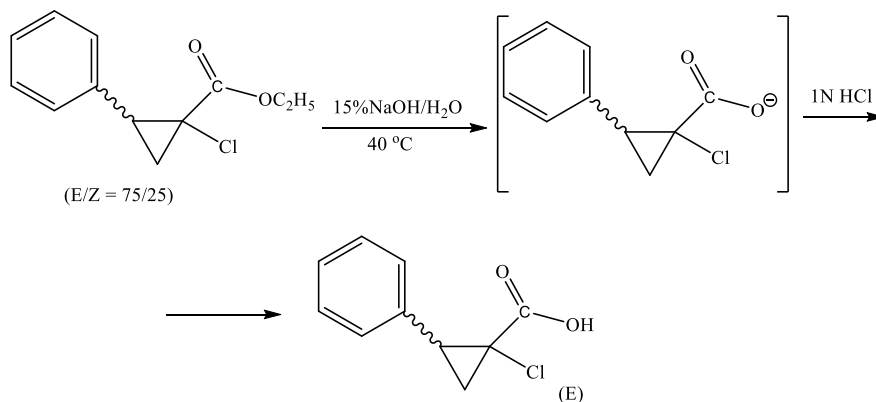


Рис.4. Общая схема реакции омыления.

Контроль за ходом реакций осуществлялись методами ТСХ и ГЖХ хроматографического анализа. ГЖХ реакционной смеси проводились на газовом хроматографе Agilent Technologies GC 7809B, капиллярная колонка DB-WAX-30m-320µmх0.25µm, детектор ПИД. Анализы ТСХ были проведены на пластинках Silufol UV-254.

Очистка и разделения реакционной смеси осуществлялась колоночным и препаративным хроматографическим методами.

Строение синтезированных соединений было доказано методом ядерно-магнитного резонанса (ЯМР) ^1H и ^{13}C спектров. Ядерно-магнитный резонансный (ЯМР) анализ проводился на приборе Varian VXR-300 (300 МГц).

Были проведены микробиологические испытания этих соединений для определения фунгицидных свойств (микробиологические испытания проводились в Центре Депонирования Микроорганизмов НПЦ «Армбиотехнология»).

Для оценки фунгистатных или фунгицидных свойств этих соединений были взяты шесть различных общепринятых патогенных штаммов. Грибы культивировали в 10мм-овых пробирках на соответствующих средах до спорообразования. После чего готовили водные суспензии с их спорами и равномерно распределяли по чашкам Петри с шестью различными стерильными питательными средами. В приготовленные заранее 10, 1 и 0,1 % спиртовых растворах соединений 1а (1-хлор-2-гексилциклопропан-1-карбоновая кислота) и 1б (1-хлор-2-фенилциклопропан-1-карбоновая кислота) замачивали стерильную фильтровую бумагу диаметром 2 мм. После испарения спирта бумаги по одной рассыпали в чашках Петри в секторе на одинаковом расстоянии друг от друга и помещали в бокс для культивирования. Начиная со вторых суток, когда в чашке Петри видно распространение колоний условно-патогенных штаммов, в окружающей среде уже наблюдаются непораженные участки, содержащие разное количество соединений 1а и 1б.

Проведенные исследования по определению микробиологической активности показали, что 1-хлор-2-гексилциклопропан-1-карбоновая кислота проявляет стабильные фунгицидные свойства (Рис. 5). Об этом свидетельствует тот факт, что за 70 дней микробиологического испытания радиусы непораженных участков не уменьшились.

Условный патогенный штамм	Соединения и их концентрации спиртовых растворов (%)					
	1a	1a	1a	1b	1b	
	10	1	0,5	10	1	0,5
	Радиус воздействия (мм)					
<i>Aspergillus fumigatus</i>	10	5	—	—	—	—
<i>Penicillium chrisogenum</i>	9	3	3	2	2	2
<i>Aspergillus versicolor</i>	15	3	—	—	—	—
<i>Ulocladium botrytis</i>	11	1	—	1	—	—
<i>Penicillium aurantogriseum</i>	9	3	2	2	—	—
<i>Penicillium melinii</i>	7	2	1	2	1	—

Рис.5. Таблица биологической активности соединений 1a и 1b.

Заключение

Разработанный метод синтеза в базовой лаборатории АСХН «Получение и контроль качества сельскохозяйственных пестицидов» является перспективным и доступным для синтеза циклопропансодержащих противогрибковых соединений. Из полученных результатов можно предположить, что, хотя фунгицидные свойства циклопропанкарбоновой кислоты в основном обусловлены присутствующей в соединении карбонильной группой, увеличение углеводородной цепи способствует повышению липофильности молекулы, что способствует легкому включению циклопропан карбоновой кислоты в мембрану грибковой клетки, в результате чего повышается фунгицидная активность соединений.

Синтезированные соединения также перспективны для сельскохозяйственного применения. На данном этапе проходят токсикологические и лабораторные испытания в отношении фитопатогенных грибковых возбудителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. SM McCloskey, GH Coleman: Циклопропанкарбоновая кислота В: Органические синтезы. 24, 1944. С. 36, doi: 10.15227/orgsyn.024.0036; Coll. Т. 3, 1955. С. 221.
2. Машковский М.Д. Лекарственные средства. Т. II, ст. 365, М.: «Новая волна», 2000,
3. Jonson E., Richardson M., Warnock D. Antimicrob. Agents Chemother. Vol. 12, 1993, PP. 300–316.
4. Мнацаканян А.А., Кочарян Д.Р., Торосян Г.Г., Варданян А.С., Микаелян А.Р. Получение замещенных циклопропан карбоновых кислот из галогенорганических кислот // «Вестник НПУА», 2008. Т. 76. СС. 825–830.
5. Карапетян А.А., Тамазян Р.А., Микаелян А.Р., Раганиян Н.П. Рентгеноструктурное исследование (Е)-2-фенил-1-хлор-циклопропан-1-карбоновой кислоты-удобного синтеза трансаминна // Журн. структур. химии. 2004. Т. 45. СС. 369–373.

**OBTAINING NEW ANTIFUNGAL COMPOUNDS:
PROSPECTS FOR APPLICATIONS IN AGRICULTURE
AND PHARMACEUTICALS**

A. Mnatsakanyan¹, A. Grigoryan^{1,2}, A. Mikaelyan¹

¹ANAU Agrobiotechnology Scientific Center,

²Russian-Armenian (Slavonic)University

carmenuhi2@gmail.com, anna.grigoryan@rau.am,

arammik@yahoo.com

ABSTRACT

Functionally substituted cyclopropane carboxylic acids are promising structural bases for physiologically active compounds of various classes. Are a known number of compounds with similar structures and fungicidal properties. Specifically, Octicyl: 2-octyl cyclopropane-1-carboxylic acid. Widely used in medicine, as part of various antifungal drugs. we have studied and developed a new, technologically available method for the synthesis of synthetic analogues of Octicyl. 1-chloro-2-hexylcyclopropane-1-carboxylic acid and 1-chloro-2-phenylcyclopropane-1-carboxylic acid. The antifungal activity of the synthesized compounds against a number of conditionally pathogenic strains was studied.

Keywords: cyclopropane carboxylic acid, Octicyl, fungistat properties, fungicidal properties, stereoselectivity.

**ՀԱՐԿԱԴՐՎԱԾ ՀԵՌԱՎԱՐ ՌԻՍՈՒՑՄԱՆ
ՀՈԳԵՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ
ԿՈՐՈՆԱՎԻՐՈՒՄԱՅԻՆ ՀԱՄԱՃԱՐԱԿԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ**

**Ն.Ա. Սահակյան, Լ.Գ. Ավանեսյան, Ա.Ա. Սահակյան,
Մ.Տ. Գալստյան, Ս.Ա. Շողերյան**

*Խ. Աբովյանի անվան հայկական պետական մանկավարժական
համալսարան*

*narinesaak@mail.ru, avanesyanlyudmila11@asp.am,
ashxen.sahakyan@inbox.ru, galstyanmeri-3@asp.am,
ssirine2002@yahoo.com*

ԱՄՓՈՓՈՒՄ

Ներկայացվող աշխատանքում հետազոտություններն իրականացվել են կորոնավիրուսային համաճարակի պայմաններում ուսուցման ավանդական ձևաչափից հեռավար ձևաչափին կտրուկ անցնելու ժամանակաշրջանում: 19-22 տարեկան սովորողների մոտ գնահատվել է ուշադրության կոնցենտրացիան, ինչպես նաև ուշադրության կայունությունը բնութագրող ֆունկցիոնալ, քանակական և ժամանակային ցուցանիշների փոփոխությունները: Ի տարբերություն սովորական պայմաններում (2022 հունվարից մինչև հունիս ընկած ժամանակահատված) հեռավար ձևաչափով կատարված հետազոտության արդյունքների՝ հարկադրված մեկուսացման պայմաններում, 80ր. տևողությամբ 2 դասաժամ հեռավար ուսուցումից հետո ուսանողների մոտ դիտվել է ուշադրության կայունության ցածր աստիճան, ինչպես նաև ուշադրության կոնցենտրացիայի ցուցանիշի միջին արժեքի կտրուկ նվազում՝ 40,7%-ով: Մրտային ռիթմի փոփոխականության մաթեմատիկական վերլուծությամբ (ՄՌՓ ՄՎ) գնահատվել է վեգետատիվ նյարդային համակարգի կարգավորիչ համակարգերի լարվածության ինդեքսը, որի բարձր արժեքները վկայել են հարկադրված հեռավար ուսուցման պայմաններում ուսանողների մոտ առկա սթրեսային լարվածության մասին:

Հիմնաբառեր՝ հեռավար ուսուցում, ԷՄԳ, լարվածության ինդեքս, ուշադրություն:

Ներածություն

Բուհերի և դպրոցների փակվելը՝ որպես քովիդի տարածման կանխարգելիչ միջոցառում, ազդել է աշխարհի մոտ 188 երկրների ավելի քան 1 միլիարդ 575 միլիոն սովորողների վրա [4,5]: Համաճարակի ազդարարման պահից, ուսումնակրթական և զիտական հաստատություններում

ուսուցման միակ տարբերակի՝ էլեկտրոնային (հեռավար) ուսուցման, ճշգրիտ և գրագետ իրականացումը դարձավ առանցքային և կարևոր պայման [2]: Արդյունավետ ուսուցման ապահովման կարևորագույն պայմանը սովորողների հոգեֆիզիոլոգիական առանձնահատկությունների ուսումնասիրությունն է՝ մասնավորապես, ուշադրության գործընթացի և նրա առանձին բաղադրիչների վերլուծությունը: Ելնելով նշվածից՝ աշխատանքի գիտական նպատակը 80 րոպե տևողությամբ հեռավար դասաժամի պայմաններում սովորողների հոգեֆիզիոլոգիական առանձնահատկությունների և դրանց նյարդավեգետատիվ տեղաշարժերի ուսումնասիրումն է սովորական և հարկադրված հեռավար ուսուցման պայմաններում:

Հետազոտության նյութը և մեթոդները

Հետազոտությունները կատարվել են 19-22 տարեկան ուսանողների մոտ ($n=30$) երկու խմբերում՝ 1) սովորական պայմաններում՝ 2022 հունվարից մինչև հունիս ընկած ժամանակահատվածում, 2) 2020-2021 թթ. (01.10.2020-10.12.2021) COVID-19 համաճարակի բռնկման պատճառով ուսուցման ավանդական ձևաչափից հեռավար ձևաչափին կտրուկ անցնելու ժամանակաշրջանում: Հեռավար դասաժամերը անցկացվել են ՀՊՄՀ-ում ներդրված Google For Education համակարգի՝ ASPU Google Classroom-ի միջոցով, կիրառման մեջ դնելով ASPU Google Meet հավելվածը: Էլեկտրասրտագրի (ԷՍԳ) գրանցումը 20 րոպե տևողությամբ, նստած վիճակում, առաջին արտածմամբ (ձախ ձեռք - աջ ձեռք) և սրտային ռիթմի փոփոխականության ցուցանիշների մաթեմատիկական վերլուծությունը (ՄՌՓ ՄՎ)՝ “ELEPHYS” ապարատա-ծրագրային համալիրի միջոցով, կատարվել է ինչպես ֆիզիոլոգիական (հարաբերական) հանգստի պայմաններում, այնպես էլ ֆունկցիոնալ “Clocks Carousel” թեստի կատարման ընթացքում [1]: Թեստը կատարելիս հետազոտվողի առջև խնդիր է դրվել, որպեսզի էկրանային գնդաձև կուրսորն անընդհատ և հնարավորինս արագ պտտելով օղակում, փորձի անսխալ նշել որոշակի, ժամ ցույց տվող (22:00; 14:00) ժամացույցները: Հիստոգրաֆիկ կամ վարիացիոն պոլսաչափության մեթոդներով ստացվող ցուցանիշներից գնահատվել է ITRS (Index of Tension of Regulatory Systems) կարգավորիչ համակարգերի լարվածության ինդեքսը (ԿՀԼԻ) կամ (SI-stress index): Հոգեֆիզիոլոգիական հետազոտություններն իրականացվել են “VIGILANCE RESEARCH” հոգեֆիզիոլոգիական ծրագրի մեջ մտնող «Լանդոլտի օղակներ» կոռեկտուրային թեստի համակարգչային տարբերակի՝ “Clocks Carousel”-ի միջոցով: Հետազոտության տվյալների վիճակագրական

վերլուծությունը իրականացվել է Microsoft Excel 2010 (Microsoft, ԱՄՆ), Microsoft Powepoint 2010 (Microsoft, ԱՄՆ), “SPSSV 16,0” համակարգչային ծրագրերով: Փորձաշարի ողջ ընթացքը իրականացվել է համաձայն Հելսինկյան հռչակագրի՝ մարդկանց մասնակցությամբ բժշկական հետազոտության էթիկական նորմերի (ՀՀ Մ. Հերացու անվան ԵՊԲՀ-ի էթիկայի կոմիտե):

Ներկայացված է հեռավար ուսուցմամբ սովորողների ուշադրության կայունությունը ապահովող ֆունկցիոնալ, քանակական և ժամանակային ցուցանիշները սովորական և հարկադրված հեռավար ուսուցման պայմաններում:

Աղյուսակ 1. 80 ր տևողությամբ 2 դասաժամ հեռավար ուսուցումից հետո ուշադրության ֆունկցիոնալ, քանակական և ժամանակային ցուցանիշների փոփոխությունները երկու խմբերում: (**M±SD**)

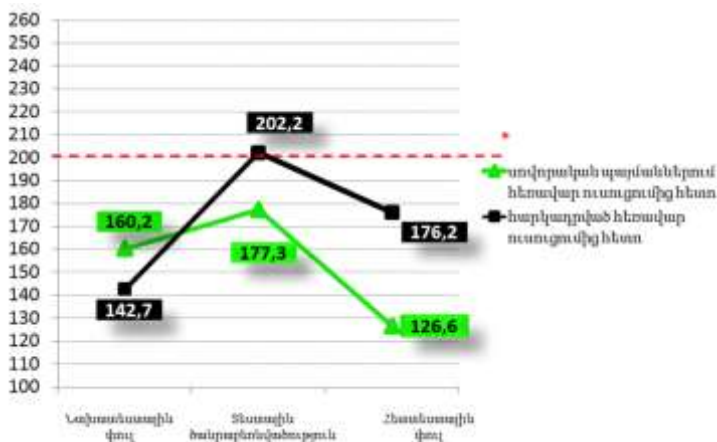
Ֆունկցիոնալ ցուցանիշներ		
	Սովորական պայմաններում 80ր տևողությամբ 2 դասաժամ հեռավար ուսուցումից հետո	80ր տևողությամբ 2 դասաժամ հարկադրված հեռավար ուսուցումից հետո
Accur%	86.5±9.3	76.7±12.6 *
E_AC	250.7±64.7 *	177.7±58.0 ***
Ժամանակային ցուցանիշներ		
AIF_pT	0.82±0.20	0.95±0.24 **
dmT	0.58±0.17 *	0.74±0.27
aeT	0.46±0.11 *	0.51±0.12
Քանակական ցուցանիշներ		
RDCF_%	86.5±9.3	76.3±12.6 **
WR_%	13.5±9.3	23.3±12.6 **

Ծանոթագրություն. նշանակումներ **M** - միջին արժեք, **±Sd** -ստանդարտ շեղում *, **, *** համապատասխանում է $p<0,05$; $p<0,01$; $p<0,001$: Ցուցանիշների միջև տարբերության արժանահավատությունը որոշված է ըստ Ստյուդենտի *t* չափորոշիչի:

Ներկայացված քանակական՝ **RDCF_%** (կոռեկտուրային ստուգիչ նիշերի ճիշտ նշումների քանակ), **WR_%** (սխալ նշումների և բացթողումների քանակ) և ժամանակային՝ **AIF_pT** (բոլոր տիպի նիշերի մշակման միջին տևողության ժամանակ), **dmT** (վճիռ կայացնելու միջին ժամանակ), **aeT** (հետզործունեության ժամանակ) ցուցանիշների փոփոխությունները պայմանավորում են հետազոտվողների ուշադրության կայունության աստիճանը: Առաջին խմբի համեմատ, երկրորդ խմբում արձանագրվել է

սխալների ու բացթողումների (**WR_%**) թվի կտրուկ աճ՝ կազմելով 13.5 ± 9.3 և 23.3 ± 12.6 համապատասխանաբար: Երկրորդ խմբում **dmT** և **aeT** ժամանակային ցուցանիշները, որոնք ուղեղային համակարգերի ֆունկցիոնալ վիճակի գնահատման ցուցիչներ են և ապահովում են կոգնիտիվ գործընթացների իրականացումը [3], առաջին խմբի համեմատ դրսևորվել են բարձր մակարդակներով, կազմելով՝ 0.58 ± 0.17 և 0.74 ± 0.27 , 0.46 ± 0.11 և 0.51 ± 0.12 համապատասխանաբար: Առաջին խմբի համեմատ, հարկադրված հեռավար ուսուցումից հետո ուշադրության կոնցենտրացիան (**E_AC**) նվազել է 40,7%-ով, կազմելով 86.5 ± 9.3 և 76.7 ± 12.6 համապատասխանաբար:

Երկու խմբերում սթրես ինդեքսի ժամանակային դինամիկայի գծային դիագրամման ներկայացված է նկ. 1-ում: Երկրորդ խմբում արձանագրված ցուցանիշի բարձր արժեքը վկայում է սիմպաթիկ ակտիվությամբ ընթացող, ուսանողների մոտ առկա սթրեսային լարվածության մասին:



Նկ. 1 SI ժամանակային դինամիկայի գծային դիագրամմա: Գետագծերով ցույց է տրված սթրես ինդեքսի նորմատիվային վերին սահմանը:

Հարկադրված ուսուցման պայմաններում արձանագրված սխալների ու բացթողումների թվի կտրուկ աճը, թեստի կատարման ճշգրտության և ուշադրության կոնցենտրացիայի էական նվազումը, սիմպաթիկ ակտիվության գերակայությունը վկայում են նյարդային գործընթացների ցածր շարժունակության, ուշադրության կայունության նվազ մակարդակի մասին: Ներկայացվածը մեզ թույլ է տալիս ենթադրելու, որ հարկադրված հեռավար ուսուցումը կյանքի լիարժեք պայմանների բացակայությամբ (հարկադրված մեկուսացում, հիվանդանալու վախ, սպասում և անորոշություն) ունի ցածր արդյունավետություն:

Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ գիտության կոմիտեի ֆինանսական աջակցությամբ՝ 21T-1F013 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета по науке РА в рамках научного проекта № 21T-1F013

The work was supported by the Science Committee of RA, in the frames of the research project № 21T-1F013

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. *Геворкян Э.Г.* Создание методов компьютерной диагностики общего функционального состояния организма, подвергнутого стрессорным перегрузкам // Современные аспекты радиационной медицины и ожогов. Ер., 1995. СС. 8–11.
2. *Favale T., Soro F., Trevisan M., Drago I., Mellia M.* (2020). Campus traffic and e-Learning during COVID-19 pandemic. *Computer Networks*, 176, 107290.
3. *Parsons Th. D., Larson P., Kratz K.* et al. Sex Differences in mental rotation and spatial rotation in a virtual environment // *Neuropsychologia*. 2004. V.42. Issue 4. PP. 555–562.
4. *Duraku Z., Ph.D. Nagavci M.,* MSc. (June 2020) The impact of the COVID-19 pandemic on the education of children with disabilities, University of Prishtina “Hasan Prishtina”, Faculty of Philosophy, Department of Psychology. ISBN: 978-9951-00-293-6. Utrecht University, Faculty of Social and Behavioral Sciences, Degree in Pedagogical Sciences
5. *Duraku Z., Hoxha L.* (2020). The impact of COVID-19 on education and on the well-being of teachers, parents, and students: Challenges related to remote (online) learning and opportunities for advancing the quality of education. https://www.researchgate.net/publication/340682127_Ndikimet_e_COVID-

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫНУЖДЕННОГО ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ КОРОНАВИРУСА

Н.А. Саакян, Л.Г. Аванесян, А.А. Саакян, М.Т. Галстян, С.А. Шогерян
Армянский государственный педагогический университет им. Х. Абовяна

АННОТАЦИЯ

В представленной работе исследования проводились в условиях пандемии Коронавируса, в период резкого перехода от традиционного формата обучения к дистанционному. Концентрация внимания, а также изменения функциональных, количественных и временных показателей, характеризующих устойчивость внимания, оценивались у студентов от 19–22 лет. В отличие от результатов исследования, проведенного в дистанционном формате в обычных условиях (с января по июнь 2022г.) в условиях вынужденной изоляции, после двух 80-минутных дистанционных занятий у студентов наблюдалась низкая степень устойчивости внимания, а также резкое снижение среднего значения индекса концентрации внимания: на 40,7%. Индекс стресса регуляторных систем вегетативной нервной системы оценивали с помощью математического анализа вариабельности сердечного ритма (МА ВСР), высокие значения которого указывали

на наличие стрессового напряжения у студентов в условиях вынужденного дистанционного обучения.

Ключевые слова: дистанционное обучение, ЭКГ, стресс-индекс, внимание.

PSYCHOPHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF DISTANCE LEARNING DURING THE CORONAVIRUS EPIDEMIC

*N. Sahakyan, L. Avanesyan, A. Sahakyan, M. Galstyan, S. Shogheryan
Armenian State Pedagogical University after Kh. Abovyan*

ABSTRACT

In the presented work, the research was carried out in the context of the coronavirus pandemic, during the period of a sharp transition from the traditional format of education to distance learning. Concentration of attention, as well as changes in functional, quantitative and temporal indicators characterizing the stability of attention were evaluated among 19–22-year-old students. In contrast to the results of a distance study conducted under normal conditions (from January to June 2022) in conditions of forced isolation, after two 80-minute remote classes, students showed a low degree of attention stability, as well as a sharp decrease in the average value of the concentration index attention: 40.7%. The stress index of the regulatory systems of the autonomic nervous system was evaluated by the mathematical analysis of heart rate variability (MA HRV), the high values of which indicated the stress tension present in students under conditions of forced distance learning.

Keywords: distance learning, ECG, stress index, attention.

**80 ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԴՐՈՒՄ ԵՄ ԴԱՍԱԺԱՍԻ
ԱՐԴՅՈՒՆԱԿԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱԿԱՆ
ՄԵԽԱՆԻԶՄՆԵՐԸ ՈՒՍՈՒՄՆԱԿԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՈՒՄ**

*Ս.Ս. Շողերյան, Ա.Մ. Հարությունյան, Լ.Գ. Ավանեսյան, Ա.Ա. Սահակյան,
Ն. Ա. Սահակյան*

*Խ. Աբովյանի անվան հայկական պետական մանկավարժական
համալսարան*

*ssirine2002@yahoo.com, aniharut2000@mail.ru,
avanesyanlyudmila11@aspu.am, ashxen.sahakyan@inbox.ru,
narinesaak@mail.ru*

ԱՍՓՈՓՈՒՄ

Ներկայացվող աշխատանքում գնահատվել է 80 բույս տնտեսությանը դասաժամի արդյունավետությունը: Բացահայտվել է, որ չընդմիջված՝ 80 բույս տնտեսությանը դասաժամը ուսանողների մոտ ընթանում է սիմպաթիկ համակարգի գերակտիվությանը ընթացող վեգետատիվ հավասարակշռության խանգարումներով և որպես հետևանք՝ արյան զարկերակային ճնշման և հաճախարտության դրսևորումներով: Հետազոտություններն իրականացվել են սրտային ռիթմի փոփոխականության մաթեմատիկական վերլուծության (ՄՌՓ ՄՎ) մեթոդով:

Հիմնաբառեր՝ սրտային ռիթմի փոփոխականություն, սիմպաթիկ համակարգ, հաճախարտություն:

Ներածություն

Ուսումնական գործընթացում մտավոր ծանրաբեռնվածությունը նպաստում է մտավոր և ֆիզիկական աշխատունակության նվազմանը, սիրտ-անոթային, նյարդային և այլ համակարգերի բնականոն գործունեության խանգարմանը [1,2]: Մոլորողների օրգանիզմում հոգեֆիզիոլոգիական լարվածություն առաջացնող գործոնների շարքում առաջնային տեղ է զբաղեցնում ուսումնական ծանրաբեռնվածության բարձր մակարդակի երկարատև պահպանումը, ինչի արդյունքում հոգնածության գումարման ֆոնի վրա նկատվում են հարմարողական մեխանիզմների խզում, քրոնիկական հիվանդությունների սրացումներ [4]: Ելնելով վերոնշյալից, առանձնահատուկ արդիականություն ունեցող խնդիրներից է երկարատև, մասնավորապես 80 բույս տնտեսությանը՝ չընդմիջված դասաժամերում ուսանողների մոտ դիտվող հոգեֆիզիոլոգիական որոշ գործընթացների և ֆիզիոլոգիական համակարգերի գործառական վիճակի ուսումնասիրությունը:

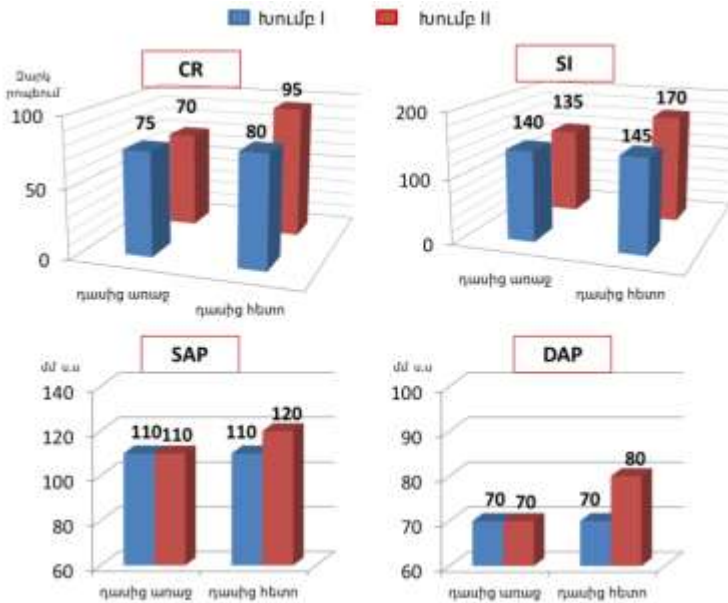
Աշխատանքի հիմնական նպատակն է հանդիսացել ուսումնասիրել ուսանողների կարդիոհեմոդինամիկ, հեմոդինամիկ և հոգեֆիզիոլոգիական որոշ գործընթացների փոփոխությունները ընդմիջված և չընդմիջված դասաժամերում:

Հետազոտության նյութը և մեթոդները

Հետազոտությունները կատարվել են 19-22տ. ուսանողների մոտ (n=30) երկու խմբերում՝ 1 խումբ՝ 3 ընդմիջված (40 ր դաս 5 րոպե դասամիջոց 40 ր դաս) և 2-րդ խումբ՝ 3 չընդմիջված (80 ր առանց դասամիջոց) դասաժամերին մասնակցած ուսանողների մոտ: Էլեկտրասրտագրի (ԷՍԳ) գրանցումը 20 րոպե տևողությամբ, նստած վիճակում, առաջին արտաձմամբ (ձախ ձեռք - աջ ձեռք), և սրտային ռիթմի փոփոխականության ցուցանիշների մաթեմատիկական վերլուծությունը (ՍՌՓ ՄՎ) «ELEPHYS» ապարատա-ծրագրային համալիրի միջոցով[3], յուրաքանչյուր խմբում կատարվել է ինչպես դասաժամերից առաջ, այնպես էլ դրանից հետո: Հիստոգրաֆիկ կամ վարիացիոն պոլլսաչափության մեթոդներով ստացվող ցուցանիշներից գնահատվել է **ITRS (Index of Tension of Regulatory Systems)** կարգավորիչ համակարգերի լարվածության ինդեքս (ԿՀԼԻ) կամ (SI-stress index) և **IVE (Index Vegetative equilibration)** վեգետատիվ հավասարակշռության ինդեքս (ՎՀԻ): Հոգեկան ընկճվածության՝ դեպրեսիայի **մակարդակի որոշման համար կիրառվել է PISHO թեստը, որտեղ լրացվել է համապատասխան հարցումնաթերթը:**

Հետազոտության տվյալների վիճակագրական վերլուծությունը իրականացվել է Microsoft Excel 2010 (Microsoft, ԱՄՆ), Microsoft Powepoint 2010 (Microsoft, ԱՄՆ), “SPSSV 16,0” համակարգչային ծրագրերով: Փորձաշարի ողջ ընթացքը իրականացվել է համաձայն Հելսինկյան հռչակագրի՝ մարդկանց մասնակցությամբ բժշկական հետազոտության էթիկական նորմերի (ՀՀ Մ. Հերացու անվան ԵՊԲՀ-ի էթիկայի կոմիտե):

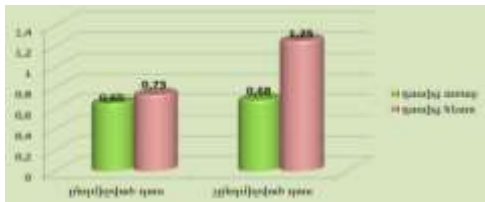
Ընդմիջված դասաժամում (I խումբ) (40ր դաս 5ր դասամիջոց 40ր դաս) ՍՌԿ (սրտային ռիթմի կծկողականություն), ԱԶՃ (արյան զարկերակային ճնշում) և ԿՀԼԻ փոփոխությունները ներկայացված են նկար 1-ում:



Նկ. 1 ՄՌՓ բնութագրող ցուցանիշների փոփոխությունները I և II խմբի մոտ (ընդմիջված դասաժամ և չընդմիջված դասաժամ):

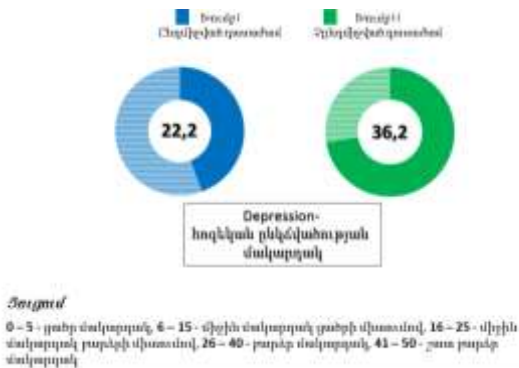
Ծանոթագրություն. նշանակումներ՝ CR (cardial rate) – արտի կծկումների հաճախականություն, SI (Stress index) – կարգաւորիչ համակարգերի լարվածոյան ինդէքս, SAP (Systolic arterial pressure) – սիստոլային զարկերակային ճնշում DAP (Diastolic arterial pressure) – դիաստոլային զարկերակային ճնշում:

Հետազոտոյան առաջին խմբում ՄԿՀ-ան (րոպետում 75–80 զարկ) և ԱԶՃ տվյալներում փոփոխություն չի դիտվել: ԿՀԼԻ-ը ընդմիջված դասից հետո պահպանվել է գրեթե նույն մակարդակում, ինչը վկայում է ՄՌ կարգաւորման համակարգերում պահպանված պարասիմպաթիկ ակտիվոյան առկայոյան մասին: Հետազոտոյան 2-րդ խմբում ՀՊՄՀ ուսանողների մոտ նույն ցուցանիշները գնահատվել են չընդմիջված (80ր դաս) դասաժամից առաջ և դրանից անմիջապէս հետո: (նկ.1) Չընդմիջված դասաժամից 80 թույե անց կտրուկ ավելացել են արյան սիստոլային և դիաստոլային զարկերակային ճնշումները և որպէս հետևանք ուսանողների մոտ առաջացրել հաճախասրտոյութուն: ԿՀԼԻ-ի բարձր արժեքները վկայում են սիրտ-անոթային համակարգի կարգաւորման կենտրոնական օղակներում դրսևորվող լարվածոյան բարձր մակարդակի և դրանով պայմանավորված հոմեոստատիկ հավասարակշռոյան խանգարումների մասին: Չընդմիջված դասաժամից հետո ՎՀԻ կտրուկ ավելացումը վկայում է ՄՌ կարգաւորման համակարգերում սիմպաթիկ ակտիվոյան բացարձակ գերակայոյան մասին: (նկ. 2)



Նկ. 2 Վեգետատիվ հավասարակշռության ինդեքսի փոփոխությունները երկու խմբերում

Համապատասխան դասաժամերից հետո գնահատվել է ուսանողների հոգեկան ընկճվածության՝ դեպրեսիայի մակարդակը: Ընդմիջված դասաժամից հետո ուսանողների հոգեվիճակն արտահայտող ցուցանիշները չեն գերազանցել շեմքային սահմանը, իսկ 2-րդ խմբում այն կազմում է 36,2% ինչն ըստ ներկայացված սանդղակի բնորոշվում է որպես բարձր մակարդակ (նկ. 3):



Նկ. 3 Հոգեկան ընկճվածության մակարդակն արտահայտող գրաֆիկ

Մտավոր գերձանրաբեռնվածությամբ ընթացող երկարաժամկետ, չընդհատվող դասաժամերը ուսանողներից պահանջում են բարձր լարվածության նյարդավեգետատիվ և հոգեֆիզիոլոգիական կարգավորումներ, որոնց խանգարումները կարող են ձևավորել տարբեր հիվանդություններ: Աշխատանքի արդյունքում ստացված գիտական տվյալները կարևոր նշանակություն կարող են ունենալ բուհերում դասաժամերի և ընդմիջումների ճշգրիտ տևողությունների սահմանման գործընթացում:

Հետազոտությունն իրականացվել է ՀՀ գիտության կոմիտեի ֆինանսական աջակցությամբ՝ 21T-1F013 ծածկագրով գիտական թեմայի շրջանակներում:

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета по науке РА в рамках научного проекта № 21Т-1F013

The work was supported by the Science Committee of RA, in the frames of the research project № 21Т-1F013

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. *Արրահատյան Հ.Տ.* Ուսանողների կարդիոհեմոդինամիկայի ցուցանիշների փոփոխությունները քննական սթրեսի և արոմաթերապիայի պայմաններում. // Հայաստանի կենսաբանական հանդես, 2014, 4(66): С. 61–65:
2. *Գրիգորյան Վ.Հ.Գ.* Հոգեֆիզիոլոգիա: Եր.: ԵՊՀ հրատ., 2014, 2-րդ վերամշակված հրատարակություն, 464 էջ:
3. *Геворкян Э.Г., Оганесян Н.М.* Оценка функциональных состояний мозга с помощью компьютерных технологий диагностики. "Медицинская наука Армении". 2006. Т. 46. 1. С. 106–110.
4. *Abrahamyan T., Minasyan S.M.* Normalization of students' functional state during academic workload. // Proceedings of the YSU. 2014, 3: P. 29–34.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ 80-МИНУТНОГО ЗАНЯТИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

*Տ.Ա. Շոգերյան, Ա. Մ. Արությունյան, Լ.Գ. Ավանեսյան, Ա.Ա. Տապալյան,
Ն.Ա. Տապալյան*

Армянский государственный педагогический университет им. Х. Абовяна

АННОТАЦИЯ

В представленной работе изучалась эффективность 80-минутного занятия в учебном процессе. Установлено, что непрерывное 80-минутное занятие приводит к гиперактивности симпатической системы с нарушениями вегетативного равновесия и, как следствие, к повышению артериального давления и сердцебиению. Исследования проводились методом математического анализа вариабельности сердечного ритма (МА ВСР).

Ключевые слова: Вариабельность сердечного ритма, симпатическая система, тахикардия.

**PHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF EVALUATING THE
EFFECTIVENESS OF AN 80-MINUTE LESSON IN THE
EDUCATIONAL PROCESS**

*S. Shogheryan, A. Harutyunyan, L. Avanesyan, A. Sahakyan,
N. Sahakyan*

Armenian State Pedagogical University after Kh. Abovyan

ABSTRACT

In the presented work, the effectiveness of the 80-minute class in the educational process was studied. It was discovered that an uninterrupted, 80-minute class period in students leads to vegetative balance disorders with overactivity of the sympathetic system and, as a result, to an increase in blood pressure and heart palpitations. Researches were carried out by the method of mathematical analysis of heart rate variability (MA HRV).

Keywords: Heart rate variability, sympathetic system, tachycardia.

**Шестнадцатая Годичная научная конференция (5–9 декабря 2022г.),
приуроченная к 25-летию основания РАУ:
Сборник научных статей, серия: физико-
математические и естественные науки**

•

*Главный редактор РНИ – М.Э. Авакян
Корректор – А.С. Есяян
Компьютерная верстка – А.С. Бжикян*

Адрес Редакции научных изданий Российско-Армянского университета:
*0051, г. Ереван, ул. Овсена Эмина, 123
тел./факс: (+374 12) 77-57-75, (внутр. 337)
e-mail: maria.avakian@rau.am*

Заказ № 23

Подписано к печати 21.07.2023г.

Формат 70x100¹/₁₆. Бумага офсетная № 1.

Объем усл. 6,8 п.л. Тираж 110 экз.