

СТУДЕНЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ОБЩЕСТВО

ДОННУ

ISSN 2522-4824

ВЕСТНИК СНО

ВЫПУСК 11

ТОМ 1:

Естественные науки



Донецк - 2019

ISSN 2522-4824

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
СТУДЕНЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ОБЩЕСТВО

ВЕСТНИК

СТУДЕНЧЕСКОГО НАУЧНОГО ОБЩЕСТВА
ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ВЫПУСК 11

ТОМ 1

Естественные науки

Донецк – 2019

Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». – Донецк: ДонНУ, 2019. – Вып. 11, том 1: *Естественные науки*. – 131 с.

**Редакционная коллегия
Вестника студенческого научного общества
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»**

Главный редактор – Сторожев В.И., д-р техн. наук, профессор, проректор по научной и инновационной деятельности
Зам. главного редактора – Бровец А.И., председатель Совета СНО
Ответственный секретарь – Самарёва Т.Н.
Технический редактор – Торба А.А.

Члены редакционной коллегии:

<i>Асланов П.В.</i> , канд. физ.-мат. наук, доцент	<i>Тимошенко Н.А.</i> , канд. юрид. наук, доцент
<i>Зайцева Н.В.</i> , канд. экон. наук, доцент	<i>Тофан А.Л.</i> , канд. экон. наук, доцент
<i>Гапотченко Н.Е.</i> , канд. филол. наук, доцент	<i>Химченко А.Н.</i> , канд. экон. наук, доцент
<i>Миннуллин О.Р.</i> , канд. филол. наук, доцент	<i>Щепин Н.Н.</i> , канд. физ.-мат. наук, доцент
<i>Никольский В.Н.</i> , д-р ист. наук, профессор	<i>Щепина Н.Д.</i> , канд. хим. наук, доцент
<i>Сафонов А.И.</i> , канд. биол. наук, доцент	

В одиннадцатом выпуске ежегодного сборника (в 6 томах) опубликованы результаты научных исследований студентов ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» в области естественных и технических (том 1), гуманитарных (том 2), экономических (том 3) и юридических наук (том 4,5,6). Работы печатаются в авторской редакции, максимально снижено вмешательство в структуру отобранных материалов. *Ответственность за содержание статей, аутентичность цитат, правильность фактов и ссылок несут авторы статей.* Редакционная коллегия не несет ответственность за достоверность информации, представленной в рукописях, и оставляет за собой право не разделять взгляды некоторых авторов на те, или иные вопросы.

Вестник СНО включен в Аналитическую базу данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ), номер договора № 452-11/2018.

Адрес редакции:

283001, г. Донецк, пр-т Гурова, 14, гл. корпус ДонНУ, к. 215;
Тел.: (062) 302-92-26;
E-mail: t.samareva@donnu.ru
URL: <http://donnu.ru/science/sno>

*Печатается по решению Ученого совета
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»,
протокол № 3 от 02.04. 2019 г.*

Содержание

Биологические науки

<i>Андрющенко А.И.</i> ОЦЕНКА ДЕКОРАТИВНЫХ КАЧЕСТВ ВИДОВ И КУЛЬТИВАРОВ РОДА JUNIPERUS L. В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ДОНЕЦКА	5
<i>Бойко Н.В.</i> ТЕРАТОГЕННОСТЬ ЭДАФОТОПА ПО СЕМЯДОЛЬНОМУ АППАРАТУ TARAXACUM OFFICINALE (L.) WEBB EX WIGG.	10
<i>Борисова А.Ю.</i> АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ LAGURUS OVATUS L. и PHALARIS CANARIENSIS L. В УСЛОВИЯХ С РАЗНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ	14
<i>Волкова Т.К.</i> НЕЙРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ЖЕНЩИН С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ УСТОЙЧИВОСТИ СЛУХОВОГО АНАЛИЗАТОРА К ЭКСТРЕМАЛЬНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЗВУКА	18
<i>Елисеева-Брованюк Д.С.</i> ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДИКИ ИНТЕГРИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ В УЧЕБНО-ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС (БИОЛОГИЯ И АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК)	24
<i>Замковая М.А., Пашковская В.Н., Варгоцкая Л.С.</i> ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОВЕДЕНИЯ КРЫС В ТЕСТЕ «ПРИПОДНЯТЫЙ КРЕСТООБРАЗНЫЙ ЛАБИРИНТ» ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИММОБИЛИЗАЦИОННОГО СТРЕССА	28
<i>Киселева Н.С.</i> УРОЖАЙНОСТЬ ЦИТРУСОВЫХ КУЛЬТУР В ОРАНЖЕРЕЙНОМ КОМПЛЕКСЕ ДОНЕЦКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА	32
<i>Ковалёва С.Ю.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА RHORALOCERA Г. МАКЕЕВКИ	36
<i>Онищук Н.А.</i> ВАРИАТИВНОСТЬ АРХИТЕКТониКИ СОЦВЕТИЙ ВИДОВ РОДА POPULUS L. В Г. ЕНИКИЕВО	40
<i>Пчеленко О.В.</i> СОСТОЯНИЕ СЕМЯЗАЧАТКОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СОРНО-РУДЕРАЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ ЭКОТОПОВ Г. ДОНЕЦКА	44
<i>Токарь А.И.</i> ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НАСЕКОМЫХ-НЕКРОБИОНТОВ ГОРОДА ДОНЕЦКА	48

Физико-технические науки

<i>Балко В.С.</i> ЛАБОРАТОРНЫЙ БИПОЛЯРНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ	54
<i>Воробьев В.В.</i> ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПК ПО WI-FI ТОЧКАМ	57
<i>Гладкая И.Н.</i> СНИЖЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ТРЕНИЯ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ МЕХАНИЧЕСКИМИ ПРИМЕСЯМИ	61
<i>Зайка Д.Д.</i> ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС «ИГРА ФУТБОЛ» ДЛЯ ПРОВЕРКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ УЧАЩИХСЯ	65
<i>Качановский А.А., Тарарощенко А.В.</i> ВЛИЯНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ ДОБАВОК НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ТРЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕН В ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКАХ ЖИДКОСТЕЙ	69
<i>Лебедь А.В., Беззуб С.С.</i> «ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОАНЕМОМЕТРА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЕПЛОВОЙ ДЕЛЬТА-ФУНКЦИИ»	75
<i>Савельева Н.А.</i> ПРОПЕДЕВТИЧЕСКИЙ КУРС ФИЗИКИ КАК ВИД ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ УЧАЩИМИСЯ 6 КЛАССОВ	79
<i>Сенина К.Д.</i> О НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТА ТОМСА	84
<i>Стародуб А.В.</i> СИСТЕМА РАЗПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ	89

Химические науки

Заец Т.С. ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЕ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЬ В ПРИСУТСТВИИ МОДИФИКАТОРА КСИЛЕНОВОГО ОРАНЖЕВОГО	94
Мальцева Н.А. ВЛИЯНИЕ СОСТАВА И УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НА СВОЙСТВА ЭПОКСИДНО-КРЕМНЕЗЕМНЫХ КОМПОЗИТОВ АМИННОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ	97

Математика. Прикладная математика. Информатика

Белик Т.С. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ МРІ	104
Галиахметова К.Р. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ OPENMP	108
Кузьмина А.А. ЛОКАЛЬНАЯ ВЕРСИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОМПЕЙЮ	112
Мельничук Н.Ю. ОЦЕНКА НЕИЗВЕСТНОГО ПАРАМЕТРА ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ СНОСЕ И ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ДИФфуЗИИ, ЗАШУМЛЕННЫМИ НЕКОТОРЫМ НОВЫМ ВИНЕРОВСКИМ ПРОЦЕССОМ	115
Рютина Е. В. УГРОЗЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ.	120
Шницар И.Н. ПЕРЕХОД ОТ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ К НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ: ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ	125

Биологические науки

УДК 635.071.1/3(477.62)

Андрющенко А.И.
Научный руководитель Гридько О.А., к.б.н., доцент
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет

ОЦЕНКА ДЕКОРАТИВНЫХ КАЧЕСТВ ВИДОВ И КУЛЬТИВАРОВ РОДА *JUNIPERUS* L. В УСЛОВИЯХ ГОРОДА ДОНЕЦКА

Резюме: Проведена оценка декоративных качеств видов и культиваров рода *Juniperus* L. в условиях города Донецка. Исследуемые представители распределены по группам декоративности.

Ключевые слова: можжевельники, декоративные качества, оценка.

Для создания гармоничных ландшафтных композиций используются растения, обладающие определенным комплексом декоративных качеств. Эти качества способны изменяться с возрастом и сезонным развитием растений [4]. Не последнюю роль в использовании декоративных древесно-кустарниковых растений в ландшафтном дизайне играет видовое и формовое разнообразие, что делает возможным их широкое использование в различных садово-парковых композициях. Декоративные качества растений характеризуются совокупностью морфологических признаков (размерами и формой кроны, строением и окраской листьев, величиной и окраской плодов и т. д.) и зависят как от наследственных особенностей, так и от внешних условий [8].

На сегодняшний день представители рода *Juniperus* L. (можжевельник) являются неотъемлемыми элементами ландшафтного оформления города Донецка. Такую популярность в использовании обеспечила устойчивость можжевельников к неблагоприятным факторам природной и урботехногенной среды, художественная выразительность, а также возможность их использования в различных типах зеленых насаждений [1]. Для решения архитектурно-композиционных задач в зеленом строительстве, кроме основных видов рода *Juniperus* используются их садовые формы или культивары. Большинство из них возникло в садовой культуре, и представляют собой преимущественно морфологические отклонения от исходных видов, что является следствием соматических и семенных мутаций [7].

Можжевельники занимают лидирующие позиции в озеленении городских парковых территорий. Из наиболее часто встречающихся можно выделить м. казацкий (*J. sabina* L.), м. обыкновенный (*J. communis* L.), м. горизонтальный (*J. horizontalis* Moench). К менее используемым относятся м. китайский (*J. chinensis* L.) м. виргинский (*J. virginiana* L.).

В практике декоративного садоводства при оценке декоративных качеств видов растений широко используются соответствующие шкалы [5, 6]. Для оценки эстетических качеств видов рода *Juniperus* разработана шкала И.Г. Савушкиной и С.С. Сеит-Аблаевой [8].

Несмотря на то, что существует большое количество работ по оценке декоративных качеств можжевельников, в условиях г. Донецка подобную оценку не проводили.

Целью данной работы является оценка декоративных качеств видов и культиваров рода *Juniperus* коллекции «Можжевельники» (куратор – с.н.с., к.б.н. Хархота Л.В.) Государственного Учреждения «Донецкий ботанический сад» для обоснованного внедрения в практику зеленого строительства региона.

В качестве объектов исследования были выбраны: *J. virginiana*, *J. sabina* 'Tamariscifolia', *J. chinensis* 'Spartan', *J. sabina* 'Blue Danube', *J. horizontalis* 'Prince of Wales', *J. horizontalis* 'Wiltonii', *J. horizontalis* 'Golden carpet'.

В основу оценки декоративности положена шкала И.Г. Савушкиной и С.С. Сеит-Аблаевой [8], которая включает следующие признаки: период декоративности, архитектура кроны (форма, структура, охвоенность), окраска хвои в летний период, окраска хвои в зимний период, декоративность шишек, аромат (интенсивность, специфичность), относительная поражаемость вредителями и болезнями.

По шкале [8] признак оценивается от 1 до 5 баллов и индексируется за счет коэффициента значимости (табл. 1). Величина переводного коэффициента определена продолжительностью действия каждого декоративного признака и силой его эстетического и эмоционального воздействия. Наиболее высокие переводные коэффициенты (4 и 5) присвоены следующим признакам: период декоративности, архитектура кроны (форма, структура, охвоенность), окраска хвои в летний период, окраска хвои в зимний период. По суммарной балльной оценке изучаемые виды и культивары распределяются в следующие группы: I – высокодекоративные (75-90 баллов), II – декоративные (60-74 баллов), III – среднедекоративные (45-59 балла), IV – малодекоративные (менее 44 баллов).

Таблица 1 – Оценка декоративности видов и культиваров из коллекции Донецкого ботанического сада

Вид или культивар	Декоративные признаки								ГД
	ПД	АК	ОХЛ	ОХЗ	ДШ	ОПБВ	А	ОБ	
	P=4	P=4	P=3	P=3	P=2	P=1	P=1	Max 90	
<i>J. virginiana</i>	5/20	5/20	3/9	3/9	5/10	2/2	4/4	74	II
<i>J. sabina</i> 'Tamariscifolia'	5/20	5/20	3/9	4/12	4/8	5/5	5/5	77	I
<i>J. chinensis</i> 'Spartan'	5/20	5/20	4/12	3/9	4/8	4/4	3/3	76	I
<i>J. sabina</i> 'Blue Danube'	4/16	4/16	5/15	3/9	5/10	4/4	3/3	73	II
<i>J. horizontalis</i> 'Prince of Wales'	4/16	5/20	3/9	2/6	2/4	5/5	3/3	61	II
<i>J. horizontalis</i> 'Wiltonii'	4/16	4/16	4/12	4/12	4/8	4/4	3/3	69	II
<i>J. horizontalis</i> 'Golden carpet'	4/16	4/16	5/15	4/12	4/8	4/4	3/3	72	II

Примечание к таблице. * – балл / балл с учетом переводного коэффициента, ПД – период декоративности, АК – архитектура кроны, ОХЛ – окраска хвои в летний период, ОХЗ – окраска хвои в зимний период, ДШ – декоративность шишек, ОПБВ – относительная поражаемость болезнями и вредителями, А – аромат, ОБ – общий балл, P – переводной коэффициент, ГД – группа декоративности

Период декоративности для можжевельников, как вечнозеленых пород оценивается по шкале в 4 и 5 баллов. В 4 балла оценивались те виды и культивары, чья окраска хвои в зимний период значительно снижала декоративный эффект по сравнению с летней, и наоборот, приобретая бурый, бронзовый или серый цвет. Из исследуемых представителей в эту категорию можно отнести *J. sabina* 'Blue Danube', *J. horizontalis* 'Prince of Wales', *J. horizontalis* 'Golden carpet'. В 5 баллов оцениваются представители имеющие круглогодично зеленую хвою, такие как *J. virginiana*, *J. sabina* 'Tamariscifolia' и *J. chinensis* 'Spartan'.

Следующим не менее важным признаком по шкале оценивания является архитектура кроны, т.е. система построения кроны, определяемая ее размерами, формой, характером ветвления побегов и ветвей, степенью однородности и охвоенности. У можжевельников форма кроны не претерпевает значительных сезонных изменений и во многом зависит от

наследственных особенностей таксона. Из исследуемых представителей крону средней плотности и среде-однородной охвоенности имеет *J. sabina* 'Blue Danube', *J. horizontalis* 'Prince of Wales', *J. horizontalis* 'Golden carpet'. Более плотная и однородная по охвоенности крона у *J. virginiana*, *J. sabina* 'Tamariscifolia', *J. chinensis* 'Spartan'.

Хвоя для можжевельников является одним из важнейших признаков оценки декоративности. У декоративных можжевельников чаще всего игольчатая, иногда чешуйчатая. Окраска хвои у разных видов можжевельника тоже поражает разнообразием – встречается хвоя не только зеленая, но и желтая, голубая, серая, и даже пестролистная с белыми пятнами. Различаясь формой, размером и окраской, она позволяет создать многочисленные контрасты в композициях ландшафтного дизайна. Яркую голубоватую и золотистую окраску в летний период имеют *J. sabina* 'Blue Danube' и *J. horizontalis* 'Moench. 'Golden carpet', соответственно получая по 5 баллов по данному признаку. Незначительными признаками колористической окраски обладают *J. chinensis* 'Spartan' и *J. horizontalis* 'Wiltonii'. Однотонная хвоя с сизым налетом у *J. virginiana*, *J. sabina* 'Tamariscifolia' и *J. horizontalis* 'Prince of Wales'.

В зимний период окраска хвои может изменяться. Незначительные изменения в цвете хвои происходят у *J. sabina* 'Tamariscifolia', *J. horizontalis* 'Wiltonii', *J. horizontalis* 'Golden carpet'. Так же с незначительными изменениями в цвете хвои, связанного с появлением налета на ней у *J. sabina* 'Blue Danube', *J. horizontalis* 'Prince of Wales', *J. chinensis* 'Spartan', *J. virginiana*.

Шишки также являются одним из важнейших признаков оценки декоративности. У всех можжевельников они не раскрывающиеся, с плотно сомкнутыми мясистыми чешуями, шаровидные или несколько удлинённые, но могут иметь различную окраску и размер [3, 9]. По этому признаку исследуемые можжевельники являются высоко декоративными.

Немаловажную роль играет аромат можжевельников. Освежающий аромат можжевельников учитывается при использовании этих растений в благоустройстве, как небольших усадебных участков, так и парков в целях обогащения эстетического восприятия мира растений в целом. Данный признак весьма специфичен и может оцениваться людьми по-разному. Очень интенсивный и приятный аромат имеет *J. sabina* 'Tamariscifolia', оценивается в 5 баллов. Сильный, приятный аромат у *J. virginiana*, оценивается в 4 балла. Слабый, приятный или специфический у *J. sabina* 'Blue Danube', *J. horizontalis* 'Wiltonii', *J. horizontalis* 'Golden carpet', *J. chinensis* 'Spartan', *J. horizontalis* 'Prince of Wales', оценивается в 3 балла.

Относительная поражаемость болезнями и вредителями – признак, характеризующий растение с практической точки зрения и оказывающий существенное влияние на его декоративность. Разные виды и культивары можжевельников в разной степени подвержены заболеваниям и вредителям. Из исследуемых представителей поражаемость болезнями отсутствует у *J. sabina* 'Tamariscifolia' и *J. horizontalis* 'Prince of Wales'. Незначительно поражаются болезнями *J. sabina* 'Blue Danube', *J. chinensis* 'Spartan', *J. horizontalis* 'Wiltonii', *J. horizontalis* 'Golden carpet'. Подверженным болезням хвои и вредителям является *J. virginiana*.

Благодаря проведенной оценке декоративных качеств видов и культиваров рода *Juniperus* из коллекции Донецкого ботанического сада, исследуемые представители входят в I и II группу декоративности. Ко II группе – декоративные растения (от 60 до 74 баллов) отнесены: *J. virginiana*, *J. sabina* 'Blue Danube', *J. horizontalis* 'Prince of Wales', *J. horizontalis* 'Wiltonii', *J. horizontalis* 'Golden carpet'. К I группе – высокодекоративные (75-90 баллов) отнесены: *J. sabina* 'Tamariscifolia' и *J. chinensis* 'Spartan'.

Поскольку можжевельники не прихотливы к условиям произрастания, имеют огромное разнообразие форм и размеров, они чрезвычайно популярны в ландшафтном дизайне и используются в самых разнообразных композициях.

Крупные можжевельники можно использовать в качестве солитеров, для создания аллей, крупных композиций. Особую ценность представляют введенные в культуру сорта можжевельника с измененным характером роста, необычной формой кроны, типом и окраской хвои. Такие растения обычно имеют небольшую высоту или карликовую форму. Их разнообразное сочетание позволяет создавать миксбордеры из хвойных, использовать их как почвопокровные растения, декорировать ими альпинарии и берега водоемов (рис. 1).



Рис. 1 Исследуемые виды и культивары рода *Juniperus* L. из коллекции Донецкого ботанического сада:
1 – *J. chinensis* 'Spartan'; 2 – *J. sabina* 'Tamariscifolia'; 3 – *J. horizontalis* Moench. 'Golden carpet'

Можжевельники очень часто высаживают в групповых посадках, что позволяет им компоноваться с массивами и являться, в этом случае, переходным звеном между плотными и высокими посадками и открытой горизонтальной поверхностью газона [8].

Они широко используются при создании миксбордеров, небольших групп и солитеров; низкорослые виды и формы – для закрепления склонов и откосов, для скальных и каменистых садов. Для таких посадок хорошо подойдет *J. horizontalis* Moench. 'Prince of Wales', *J. horizontalis* 'Golden carpet', *J. horizontalis* 'Wiltonii'. Некоторые виды и формы используют для создания живых изгородей.

По многолетнему опыту формирования зеленых насаждений, хвойные породы деревьев и их формы с пирамидальной, колоновидной и конической кронами наиболее ценны при закладке аллей [2].

Можжевельник особенно декоративен в виде одиночных посадок и декоративных групп. Особенно хорошими являются сочетания с розами, декоративными злаками и дикорастущими многолетниками. Отличным фоном может служить зеленый газон, а также композиция из природных камней. Самыми популярными в озеленении считается можжевельник обыкновенный, м. виргинский и м. казацкий (табл. 2).

Пирамидальные низкорослые формы находят широкое применение при создании рокариев и альпийских горок. В таких композициях используют *J. sabina* 'Tamariscifolia',

J. chinensis 'Spartan'. Стелящиеся декоративные хвойные применяются для посадки на альпинариях, на переднем плане композиций, на партерах. Именно здесь они создают свой своеобразный декоративный эффект.

Шаровидные формы можно использовать в садах и парках с регулярной планировкой или в композициях с другими формами.

Плакучая форма с ниспадающими ветвями особенно привлекательны на открытых полянах, у берегов водоема и контрастных группах.

Огромное разнообразие окраски можжевельника дает возможность использовать их для посадки в группах и контрастных композициях, на фоне газона.

Таблица 2 – Использование видов и культиваров можжевельников в озеленении

Вид и культивар	Высота	Использование в озеленении								
		солитеры	группы	опушки	аллеи	живые изгороди	микс-бордеры	рокарий	почво-покровные	склоны
<i>J. virginiana</i> ,	до 15 м	+	+	+	+	+				
<i>J. sabina</i> <i>Tamariscifolia</i> '	до 1 м	+	+	+		+	+	+	+	+
<i>J. chinensis</i> 'Spartan'	до 1,5 м	+	+		+	+		+		
<i>J. sabina</i> 'Blue Danube'	0,4-0,5 м		+	+			+	+	+	+
<i>J. horizontalis</i> 'Prince of Wales'	до 0,3 м		+	+			+	+	+	+
<i>J. horizontalis</i> 'Wiltonii'	до 0,4 м	+	+					+	+	+
<i>J. horizontalis</i> 'Golden carpet'	до 1,1 м	+							+	+

По результатам проведенной оценки декоративных качеств видов и культиваров рода *Juniperus* из коллекции Донецкого ботанического сада, пять исследуемых представителей, *J. virginiana*, *J. sabina* 'Blue Danube', *J. horizontalis* 'Prince of Wales', *J. horizontalis* 'Wiltonii', *J. horizontalis* 'Golden carpet' относятся ко II группе декоративности, К I группе декоративности относятся *J. sabina* 'Tamariscifolia' и *J. chinensis* 'Spartan'.

Все исследуемые можжевельники можно рекомендовать для внедрения в практику зеленого строительства региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрищенко А.И., Гридько О.А. Формовое разнообразие рода *Juniperus* L. в зеленых насаждениях г. Донецка // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сборник докладов XI Международной научной конференции аспирантов и студентов (Донецк, 11–13 апреля 2017 г.) / ДОННТУ, ДонНУ; [редкол.: К. Н. Маренич, Е. В. Кочина (отв. ред.) и др.]. – Донецк: ГОУ ВПО «ДОННТУ»; Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2017. – С. 321 – 323.
2. Глухов А. З., Шпакова О.Г. Ускоренное размножение хвойных в условиях юго-востока Украины. – Донецк: Норд-Пресс, 2006. – 135 с.
3. Грюссман Г. Хвойные породы / Г. Грюссман. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 256 с.
4. Емельянова О.Ю. К методике комплексной оценки декоративности древесных растений / О. Ю. Емельянова // Современное садоводство – Contemporary horticulture. – 2016. № 3 (19). – С. 54 – 74.
5. Котелова Н. В. Оценка декоративности деревьев и кустарников по сезонам года / Н. В. Котелова, О. Н. Виноградова // Физиология и селекция растений, озеленение городов. – М.: МЛТИ, 1974. – С.37–44.

6. Остапко В. М. Шкала оценки декоративности петрофитных видов флоры юго-востока Украины / В. М. Остапко, Н. Ю. Кунец // Интродукція рослин. – 2009. № 1. – С. 18–22.
7. Поляков А. К., Суслова Е.П. Хвойные на Юго-Востоке Украины. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 197 с.
8. Савушкина, И.Г. Методика оценки декоративности представителей рода *Juniperus* L. / И.Г. Савушкина, С.С. Сейт-Аблаева // Экосистемы. – 2015. – Вып.1. – С. 97-105
9. Шевырева Н, Коновалова Т. Хвойные растения. Большая энциклопедия – М.: Эксмо, 2012. – 280 с

УДК 581.5 : 581.3 : 582.683.2 (477.60)

Бойко Н.В.

**Научный руководитель: Сафонов А.И., к.б.н., зав. Кафедрой
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет**

ТЕРАТОГЕННОСТЬ ЭДАФОТОПА ПО СЕМЯДОЛЬНОМУ АППАРАТУ *TARAXACUM OFFICINALE* (L.) WEBB EX WIGG.

Резюме. Проведен эксперимент по фитоиндикационному тестированию качества почв городской среды центральных районов г. Донецка. В качестве индикационного показателя использован критерий частоты встречаемости тератных образований семядольного аппарата *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex Wigg.

Ключевые слова: фитоиндикация, г. Донецк, экологический мониторинг, *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex Wigg.

Важность процедуры оценки качества почв определяет потребность в необходимости разработки доступных приемов, помогающих выяснить: каким образом с помощью экспресс диагностики можно определить фитопригодность почвенного субстрата. В экологических исследованиях такие методы нужны для дальнейшего построения информационных карт местности [1]. Также технология использования биоиндикаторов актуальна для проведения экологического мониторинга основных параметров загрязнения среды [2].

Общие сводные данные о современных фитоиндикаторах в Донбассе представлены в работе [3]. Аналитическая сводка разнообразия тератогенных проявлений у растений была опубликована в 2005 г. [4], однако такого рода исследования нуждаются в постоянном дополнении и обновлении свежими результатами. В оценке окружающей среды ученые Донбасса изучают качество воздуха по спектру скульптур поверхности пыльцы сорных и рудеральных растений [5], разнообразие эмбриональных структур фитоиндикаторов [6, 7], даны общие рекомендации с целью организации экологического мониторинга в промышленно развитом регионе [8].

Реакция растений на факторы специфического стресса рассматривается как индикаторный признак, важный для получения информации о состоянии антропогенно-трансформированной среды [9, 10]. В связи с этим, целью работы является – установить индикаторную значимость показателя тератности семядольного аппарата *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex Wigg. для почвенных субстратов разных экотопов в центральных регионах г. Донецка.

Основной терминологический аппарат описания эмбриональных структур был взят из справочного издания Т. Б. Батыгиной [11], комплекс методов фитоиндикационного назначения использовали по пособию М. Б. Фардеевой [12]. Сбор материала сопряжен с общим фитомониторинговыми программами населенных пунктов, реализуемых на кафедре ботаники и экологии ДонНУ [13].

Для анализа почвенных образцов использовали экотопы следующих категорий: территории промышленных предприятий, карьерно-отвальные комплексы, отвалов угольных шахт, путей сообщения, селитебные территории (тротуары, дворы, включая рудеральные), культурфитоценозы и рекреационные территории квазиприродного состояния.

При оценке морфологического разнообразия проростков были определены следующие варианты строения семядольного аппарата *T. officinale*, представленные в табл. 1, по наглядно сравнительным образцам и дальнейшего построения шкал параметров структурной пластичности направленных тератологических проявлений для семядольного аппарата *T. officinale* (табл. 2).

Таблица 1

Варианты анализируемых проростков *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex Wigg. по проявлению строения семядольного аппарата *

				
норма	гипергенезия	схизокотилия	трикотилия	акотилия
				
схизокотилия моносемя- дольная	схизокотилия с гипергенезией верхушек семядолей	акотилия (по типу олигомеризации)	варианты проявления гипогенезии (морфотилизация карликовости) и гипергенезии (гигантизма)	

* фото автора

Таблица 2

Шкала структурной пластичности направленных тератологических проявлений семядольного аппарата *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex Wigg.

№ интервала (индекс)	Шкалы параметров структурной трансформации по частоте встречаемости и степени проявления тератного отклонения, %			
	схизокотилия	трикотилия	акотилия	суммарный показатель гипо- и гипергенезии
1	1-2	1-2	1-5	1-3
2	3-4	3-4	6-8	4-5
3	5-6	5	9-11	6-7

4	7-8	6	12-14	8-9
5	9-10	7	15-17	10-13
6	11-12	8	18-20	14-17
7	13-14	9	21-23	18-20
8	15-16	10	24-26	21-24
9	17-18	11	27-29	25-28
10	19-20	12	30-33	29-35

Наибольшей вариабельностью характеризовались признаки суммарного критерия гипо- , гипергенезии и акотилии – до 30-35 % частоты встречаемости от общего количества проростков из единой выборки семенного материала *T. officinale*. Шкала по схизокотилии равномерно представлена 2 %-ным диапазоном варьирования. Наиболее консервативный признак из спектра используемых – трикотилия – не более 12% от общего количества проростков (табл.2), однако этого количества варьирования признака экспериментально оказалось достаточно, чтобы выявить экотопическую разницу в проявлении строения семядольного аппарата *T. officinale* при прорастании.

Результаты проведенного подсчета частоты встречаемости тератных образцов *T. officinale* для почвенных сред представлены в табл. 3. Необходимость использования суммарного показателя гипо- и гипергенезии доказана эмпирически, поскольку эти проявления сопряжены по встречаемости друг с другом и порознь в разных точках сбора образцов не встречаются.

Таблица 3

Индексированные показатели значений фитоиндикационных параметров пластичности семядольного аппарата *Taraxacum officinale* (L.) Webb ex Wigg.

Экотопы	Значения параметров структурной трансформации по частоте встречаемости и степени проявления тератного отклонения согласно шкалам варьирования фитоиндикационных признаков			
	схизокотилия	трикотилия	акотилия	суммарный показатель гипо- и гипергенезии
– территории промышленных предприятий	8	1	9	4
– карьерно-отвалыные комплексы	3	2	4	9
– отвалов угольных шахт	3	2	4	9
– путей сообщения	2	1	3	5
– селитебные территории (тротуары, дворы, включая рудеральные)	6	1	2	5
– культурфитоценозы	2	9	2	5
– рекреационные территории квазиприродного состояния	2	1	3	3

Тератные проявления *T. officinale* на территориях промышленных предприятий чаще всего зафиксированы по критерию акотилии и схизокотилии; для каьерно-отвалыных комплексов и отвалов угольных шахт. Тератогенность почвенного субстрата имеет различные структурно-трансформирующие проявления – наиболее информативным является критерий суммарного показателя гипо- и гипергенезии семядольного аппарата *T. officinale*. Для экотопов путей сообщения корреляция достоверна (на 5%-ном доверительном интервале) для средних значений того же критерия как и для территорий отвалов угольных шахт.

Наибольшей тератогенностью определены субстраты территорий промышленных предприятий, тогда как на отвалах угольных шахт и карьерно-отвальных комплексах уже начаты процессы ремедиационного снижения токсичности эдафической среды. Наименьший уровень загрязненности почвы по тератогенному эффекту по ожидаемым предположениям выявлен для рекреационных территорий квазиприродного состояния, что важно для формирования зон условного контроля в рамках проведения мониторингового эксперимента в черте города (на примере Донецко-Макеевской промышленной агломерационной территориальной системы). Высокий показатель трикотилии в почвах культурфитоценозах связан, по-видимому, со спецификой наличия специфических удобрений, пестицидов и стимуляторов роста при формировании искусственных ценотических группировок дизайнерского назначения в городской среде.

Для селитебных территорий наиболее важным фитоиндикационным значением характеризуется схизокотилия; для культурфитоценозов – трикотилия, а для рекреационных территорий квазиприродного состояния уровень тератогенности не превышает оценки 3 по 10-балльной шкале, что дает нам основания осуществлять отбор семенного материала на этих территориях как относительно благоприятных для формирования нормальных анатомо-морфологических структур растения-индикатора и реализации в дальнейшем экспериментов по фитотестированию.

Результаты по созданным экологическим шкалам и региональным уровням значений этих параметров будут в дальнейшем использованы при расширении существующей инвентаризационной базы по фитоиндикаторам [3] сорно-рудеральной фракции урбанофлоры промышленного региона.

Таким образом, с помощью показателей структурной организации семядольного аппарата *T. officinale* была осуществлена оценка почвенной фитопригодности разных экотопов в г. Донецке.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117D000192 и инициативной темы «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов» с государственной регистрацией № 0118D000017.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Panidi E. Application of phyto-indication and radiocesium indicative methods for microrelief mapping / E. Panidi, L. Trofimez, J. Sokolova // IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science. – 2016. – N 34. – P. 12-29. <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/34/1/012024/meta>.
2. Parmar T.K., Rawtani D., Agrawal Y.K. Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution // Frontiers in Life Science. - 2016. - Vol. 9, № 2. - P. 110–118.
3. Сафонов А. И. Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанофлоры г. Донецка (1998-2018 гг.) / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2018. – № 3–4. – С. 67-72.
4. Глухов А. З. Тератогенез растений / А. З. Глухов, А. И. Хпрхота, А. С. Назаренко, А. Ф. Лиханов. – Донецк : Норд-пресс, 2005. – 179 с.
5. Сафонов А. И. Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 1–2. – С. 18-24.
6. Сафонов А. И. Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 3–4. – С. 23-29.
7. Сафонов А. И. Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса / А. И. Сафонов // Зеленый журнал – бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. – 2017. – Вып. 3. – С. 6-14.
8. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе : экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 1–2. – С. 8-14.
9. Kumar R. A review of phylogeography : biotic and abiotic factors / R. Kumar, V. Kumar // Geology, Ecology, Landscapes. – 2018. – Vol. 2, N 4. – P. 268-274. <https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1452486>

10. Cruz J. M. Phytotoxicity of soil contaminated with petroleum derivatives and biodiesel / J. M. Cruz, P. R. M. Lopes, R. N. Montagnoli, I. S. Tamada // *Ecotoxicology. Environmental. Contamination.* – 2013. – Vol. 8, N 1. – P. 49-54.
11. Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции / Под ред. Т. Б. Батыгиной. – Семь. – Санкт-Петербург: Мир и семья, 1997. – Т. 2. – 823 с.
12. Фардеева М. Б. Экология растений и методы фитоиндикации / М. Б. Фардеева, Н. Р. Шафигуллина. – Казань : Казанский фед. ун-т, 2018. – 150 с.
13. Калинина А. В. Фитоиндикационный мониторинг на отвалах угольных шахт г. Макеевки, - внедрение данных в образовательную программу / А. В. Калинина, А. И. Сафонов // "Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса", Международная научная конференция студентов и молодых ученых (2017 ; Донецк) : материалы конференции : 17-20 октября 2017 г. : в 7 т. Химико-биологические науки. - Донецк, 2017. - Т. 2. - С. 80-82.

УДК 582.542.11:504(477.6)

Борисова А.Ю.
Научный руководитель: Гридько О. А., к.б.н., доцент
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ *LAGURUS OVATUS* L. и *PHALARIS CANARIENSIS* L. В УСЛОВИЯХ С РАЗНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

Резюме. В работе изложены результаты качественной реакции морфометрических параметров *Lagurus ovatus* L. и *Phalaris canariensis* L. на наличие солей в образцах почвы разной техногенной нагрузки г. Макеевка. Представлены данные пылевого анализа этих видов в условиях региона интродукции.

Ключевые слова: интродукция, засоленность, морфометрия, пыльца.

Введение. Одним из важнейших вопросов промышленной ботаники является разработка научных основ использования растений для оптимизации окружающей среды.

В последнее время декоративные виды семейства Роасеае Barnh. являются важнейшим компонентом культурных фитоценозов. Применение декоративных злаков позволяет максимально растянуть период декоративности композиций. Они обладают большой амплитудой экологической устойчивости и разнообразны по габитусу, фактуре и окраске листа [1,2]. Это делает их незаменимыми в пейзажных композициях для зрительного эффекта при переходе от деревьев и кустарников к менее высоким растениям и газону, а сами композиции более долговечными и экономичными.

В целях использования однолетних видов декоративных злаков в зеленом строительстве города Макеевка, нами начата работа по их внедрению при создании экспозиций в разных техногенных условиях.

Учет устойчивости однолетних видов декоративных злаков в техногенных условиях среды, особенностей морфометрических параметров наряду с репродуктивной способностью интродуцированных растений имеет большое практическое значение для оценки успешности интродукции и адаптации растений в природно-климатических условиях региона [3], а также разработки обоснованных рекомендаций по озеленению участков разной степени загрязнения.

С целью оценки толерантности и устойчивости некоторых однолетних видов декоративных злаков в условиях с разной техногенной нагрузкой нами проведен анализ

морфометрических показателей вегетативной и генеративной сферы, сезонного ритма роста и развития злаков, а также сравнительное палинологическое изучение.

Материал и методика исследования

Объект исследования – однолетние виды семейства Poaceae: *Lagurus ovatus* L. (зайцевхост яйцевидный) и *Phalaris canariensis* L. (канареечник канарский), представители Средиземноморской флористической области Голарктического царства Земли [4].

Для определения уровня засоленности почвы, проведена качественная реакция на наличие хлоридов, карбонатов, сульфатов в образцах почвы различной техногенной нагрузки произрастания однолетних декоративных злаков в селитебной зоне и зоне повышенной техногенной нагрузки г. Макеевка по методике Н.Г. Федорец и М.В. Медведевой [5]. Фенологические наблюдения проводили по общепринятой методике [6].

Проведен пылевой анализ видов, заключающийся в определении стерильных и фертильных пылевых зёрен, количество которых определяли ацетокарминовым методом [7]. Изучение пыльников проводилось с помощью бинокулярного микроскопа Zeiss Primo Star при увеличении 10x40 и микроскопа МБИ – 3 при увеличении 7x8. Для определения процента фертильных и стерильных пылевых зерен использовали 5 полей зрения.

Результаты и их обсуждения

Lagurus ovatus – растения 15 – 20 см высотой. Генеративные побеги прямостоячие или коленчато-восходящие, 16 – 22 см высотой. Листья линейно-ланцетные, 0,1 – 0,7 см шириной, коротко-густоволосистые. Метелки густые, мохнатые, колосовидные, 2 – 4 см длиной, 1,2 – 2,0 см шириной, яйцевидные, колосковые чешуи линейно-шиловидные, густо покрытые длинными мягкими волосками.

Phalaris canariensis – растения 27 – 38 см высотой, стебли прямые, светло-зеленые, гладкие. Листья линейные, шероховатые. Соцветие – яйцевидная плотная метелка 1,5 – 2,0 см длиной, 1,0 – 1,2 см шириной. Колоски 5 – 7 мм длиной, колосковые чешуи равны колоску, кожисто-перепончатые, серебристые с широкими продольными ярко-зелеными полосами, с крылатым килем [8].

Засоленность почвы – один из важных факторов, определяющих развитие растений [9]. Под влиянием солей происходят нарушения, проявляющиеся в особенностях морфометрических параметров, что проявляется в подвядании и скручивании листьев, угнетении роста и развития, а также репродуктивной способности растений.

Полученные результаты анализа почвы позволили установить, что селитебная зона отличается малым количеством (или полным отсутствием) карбонатов и сотыми и тысячными долями содержания хлоридов. Почвенные условия вдоль проселочной автодороги с повышенным движением автомобильного транспорта указывают на содержание сульфатов и хлоридов в количестве сотых долей процентного содержания.

Для анализа морфологических особенностей *Phalaris canariensis* в разных техногенных условиях были произведены следующие измерения: высота растения, длина и ширина листа, длина соцветия, а также проведено сравнение данных показателей с таковыми в природных местообитаниях (табл. 1).

Таблица 1 – Морфометрические показатели *Phalaris canariensis* L. в различных условиях обитания

Место сбора образцов	Высота растения, см	Длина метелки, см	Лист	
			Длина, см	Ширина, см
Участок № 1	48±7,5	2,3±0,27	15,4±2,7	1,22±0,14
Участок № 2	30,3±3,1	1,4±0,14	13,6±2,5	0,7±0,1
Контроль	60	4	23	0,8

Примечание: участок №1 – придомовой участок, участок №2 – проселочная автодорога, контроль – природные местообитания; $M \pm m$ – среднее арифметическое и ошибка средней.

Загрязнение окружающей среды ингибирует рост стебля растений, в результате чего высота у всех исследуемых видов в условиях повышенной техногенной нагрузки меньше, чем в контрольном варианте.

Одним из основных показателей устойчивости растений к неблагоприятным факторам является внешний вид листьев. Хорошее состояние листовой пластинки является не только показателем нормального хода развития растений, но и играет важную роль в их декоративности [10]. Длина листовой пластинки вида в условиях участка №2 сокращается на 41 % по сравнению с контролем.

Несмотря на промышленные условия произрастания, *Phalaris canariensis* успешно вступил в фазу цветения, сформированные соцветия отличились более мелкими размерами по отношению к контрольному варианту. Так, размер колосовидной метелки вида сократился на 42 % в условиях селитебной зоны и на 65% в условиях повышенного движения автотранспорта.

Таким образом, нами выявлено морфометрическое различие в размерах вегетативных и генеративных органов *Phalaris canariensis*, произрастающего в селитебной зоне и вдоль просёлочной автодороги (рис. 1). Причиной этому могут служить повышенная засоленность почвы, препятствующая нормальному росту и развитию растений.

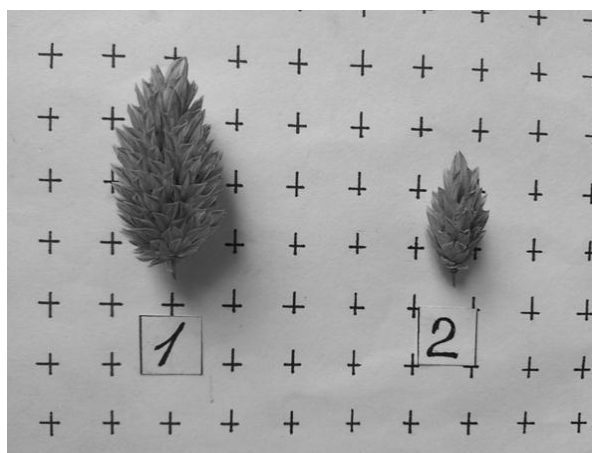


Рисунок 1 – Морфометрическое различие колосьев *Phalaris canariensis* L., произрастающего в селитебной зоне (1) и вдоль просёлочной автодороги (2).

Оценивая устойчивость видов к промышленным загрязнениям, одним из важных диагностических признаков является скорость и темп прохождения фенологических фаз развития. Для декоративных злаков промышленных участков отмечено снижение интенсивности роста по сравнению с аналогичными видами, выращенные в контроле. В условиях техногенного загрязнения происходит не только смещение фенофаз, но и значительное их сокращение [11].

Известно, что растения реагируют на загрязнение окружающей среды снижением своей продуктивности. Основная доля загрязняющих веществ накапливается не только в вегетативных органах, репродуктивная система особенно уязвима к воздействию загрязнителей. Негативное действие загрязнителей на репродуктивную систему проявляется в нарушении начальных этапов образования пылевых зерен и зародышевого мешка, что также приводит к уменьшению таких показателей как фертильность и жизнеспособность пылевых зерен [12]. По данным Л. В. Цаценко, качество пылевых зерен является одним из важнейших факторов репродуктивной биологии, которое во многом определяется способностью размножающихся растений к образованию полноценных качественных семян.

Обычно, пыльца у растений, произрастающих в нормальных условиях, имеет хорошее качество, высокую фертильность, процент нормальных пылевых зерен близок к 100, а влияние различных факторов среды: высокие температуры воздуха и

почвы, радиация, повышенное загрязнение могут снизить этот процент до 50% и ниже [13].

Нарушение развития пылевых зерен это защитная реакция растительного организма на воздействие негативных (неблагоприятных) внешних факторов, которое отражается в критические периоды развития пыльника в цветке. Техногенные условия вызывают стерильность пыльцы у растений, снижает ее жизнеспособность и тем самым нарушает прорастание пылевых трубок (табл. 2).

Таблица 2 – Показатели качества пыльцы *Phalaris canariensis* L. и *Lagurus ovatus* L. на двух участках г. Макеевка

Место сбора образцов	Количество пылевых зёрен				
	Всего, шт.	Стерильных		Фертильных	
		шт.	%	шт.	%
<i>Phalaris canariensis</i> L.					
Участок № 1	21	14	67	7	33
Участок № 2	28	25	89	3	11
<i>Lagurus ovatus</i> L.					
Участок № 1	30	12	40	18	60
Участок № 2	32	18	56	14	44

Примечание: участок №1 – придомовой участок, участок №2 – просёлочная автодорога.

Следуя таблице 2, стерильных пылевых зёрен наблюдалось больше на участке № 2. По нашему мнению, одной из причин является бóльшая засоленность почвы, наличие хлоридов, карбонатов и сульфатов вдоль проселочной автодороги. Данные условия произрастания вызывают нарушение формирования микропор [14].

Пыльца злаков, как правило, окрашивается лучше и быстрее. Фертильные пылевые зерна *Phalaris canariensis* имеют яркоокрашенные спермии, ядро и зернистую цитоплазму (рис. 2). В отличие от них стерильные пылевые зерна практически не окрашиваются или их окраска неравномерна. Под микроскопом можно легко отличить фертильные пылевые зерна *Lagurus ovatus* по темно-коричневому или по темно-фиолетовому или красно-карминовому (при окраске ацетокармином) цвету (рис. 3).



Рисунок 2 – Фертильные пылевые зёрна *Phalaris canariensis* L. под бинокулярным микроскопом Zeiss Primo Star при 10x40 (фото: Борисовой А. Ю.)

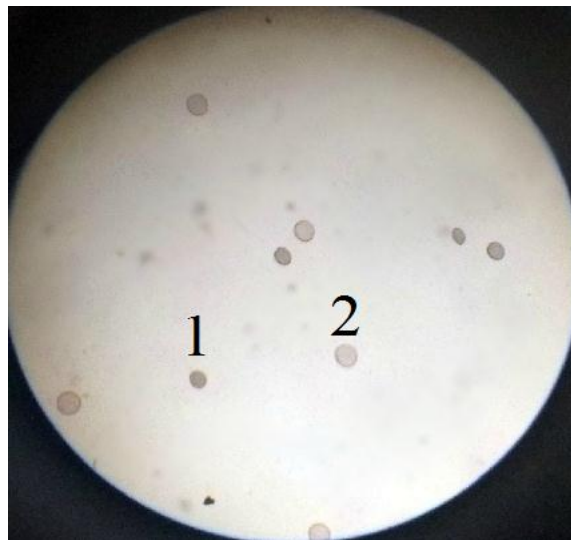


Рисунок 3 – Фертильные (1) и стерильные (2) пылевые зёрна *Lagurus ovatus* L. под микроскопом МБИ – 3 при 7x8.

Очевидно, что ухудшение состояния генеративной сферы растений тесно связано с увеличением техногенной нагрузки. В частности, в количественном соотношении преобладают стерильные пыльцевые зерна.

Выводы. В результате исследования установлено, что различные вегетативные органы изученных видов однолетних декоративных злаков обладают разной способностью к изменениям в техногенных условиях среды. Испытание декоративных злаков в условиях г. Макеевка позволило изучить особенности их роста и развития, а также репродуктивной способности. По комплексу вышеизложенных признаков подтвердило перспективность внедрения выделенных видов в данный регион интродукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудина Г.А., Качур Л.Ю. Интродукция декоративных злаков и перспективы их использования в Донбассе // Промышленная ботаника. – 2005. – Вып. 5. – С.39–45.
2. Глухов О.З., Гридько О.О. Интродукція декоративні злаки в умовах південного сходу України / О.З. Глухов, О.О. Гридько. – Донецьк, 2012. – 243 с.
3. Некрасов В.И. Актуальные вопросы развития теории акклиматизации растений. – М.: Наука, 1980. – 102 с.
4. Тахтаджян, А.Л. Флористические области Земли. – Л.: Наука, 1978. – 248 с.
5. Федорец Н.Г., Медведева М.В. Методика исследования почв урбанизированных территорий: Учебно-методическое пособие для студентов и аспирантов эколого-биологических специальностей. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. – 84 с.
6. Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. – Новосибирск: Наука. – 1974. – 155 с.
7. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений. Учебники и учебные пособия для высших сельскохозяйственных заведений. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
8. Павлова, М.А. Однолетние декоративные злаки с коротким периодом вегетации в Донецком ботаническом саду НАН Украины // Промышленная ботаника. – 2012. – Вып. 12. – С. 241 – 248.
9. Курбатова, А.С. Экология города / Под ред. А.С. Курбатовой. – Москва: Научный мир, 2004. – 624 с.
10. Глухов А.З., Гридько О.А. Использование перспективных декоративных злаков в озеленении промышленных предприятий Донбасса // Рослини та урбанізація: тези доп. І міжнар. наук.-практ. конф. (Дніпропетровськ, 21-23 листоп. 2007 р.). – Дніпропетровськ, 2007. – С. 21 – 23.
11. Фендюр Л.М. Биологическая оценка декоративных однолетних растений в условиях электрометаллургического завода и фитоиндикация загрязнения среды железом и хромом: дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 «Экологія». – Запорожье, 1995. – 239 с.
12. Голубинский И.Е. Биология прорастания пыльцы. Киев: Наукова думка, 1974. – 368с.
13. Цаценко Л. В., Синельникова А.С., Нековаль С.А. Пыльцевой анализ сельскохозяйственных растений: метод. пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 56 с.
14. Бессонова В. П. Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами // Экология. – 1992. – № 4. – С. 45–50.

УДК 612.821

Волкова Т.К.

**Научный руководитель: Кочура Д.А., к.б.н., доцент
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет**

НЕЙРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У ЖЕНЩИН С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ УСТОЙЧИВОСТИ СЛУХОВОГО АНАЛИЗАТОРА К ЭКСТРЕМАЛЬНОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ ЗВУКА

Резюме. В работе оцениваются пороговые и временные показатели терминальной чувствительности слухового анализатора для частоты 500 Гц и 1000 Гц, а также параметры тактильной и зрительной

чувствительности, общемозговая лабильность, сила, выносливость НС и др. нейродинамические показатели. Согласно результатам работы, опасная интенсивность звука при моноуральной экспозиции не вызывает дискомфорта у 25,6% женщин. Женщины с высокой устойчивостью к экстремальному воздействию звука отличаются более высокой тактильной и абсолютной слуховой чувствительностью. У них выше острота зрения, скорость поздних этапов световой адаптации и эффективность темновой адаптации. Значения нейродинамических показателей указывают на относительное повышение лабильности нервных процессов и сдвиг их баланса в сторону торможения.

Ключевые слова: терминальный порог, слуховая чувствительность, адаптация.

Вступление. В литературе многократно описаны изменения состояния сенсорных систем в самых разнообразных условиях, в том числе, в ходе адаптационного процесса, под воздействием адекватной нагрузки, сенсорного утомления, при развитии патологических процессов в анализаторных и других системах [1, 2 и др.]. При этом существует ряд показателей, характеризующихся стабильностью (острота зрения, параметры цветоощущения, порог восприятия разговорной и шепотной речи, продолжительность восприятия низкочастотного камертона (128 Гц)), и ряд динамичных параметров (порог электрической чувствительности сетчатки глаза, лабильность зрительного нерва, КЧСМ, продолжительность восприятия высокочастотного камертона (2048 Гц), аудиометрические пороги) [3–5]. В зависимости от направленности, их изменения в некоторых случаях могут служить маркерами утомления или дезадаптации, в других – носят адаптивный характер [6–7]. При этом наиболее динамичными зачастую оказываются показатели, связанные с модально-неспецифической регуляцией активности НС, общемозговой лабильностью и другими скоростными и эргическими компонентами реактивности ЦНС [8–12].

Поскольку в мире около 250 млн. человек страдают нарушениями слуха, а в Российской Федерации количество больных с заболеванием слухового анализатора превышает 13 млн. человек и увеличивается ежегодно, механизмы адаптации и компенсации в слуховом анализаторе, а также их нейродинамическое обеспечение и индивидуальные особенности представляют значительный интерес [13–14]. Это и обусловило цель данной работы – оценить характер различий нейродинамической сферы у женщин в зависимости от высоты терминального слухового порога и времени переносимости звука на уровне этого порога.

Материал и методы. Для достижения цели у 78 женщин 19-23 лет в состоянии спокойного бодрствования определяли показатели сенсорной чувствительности и нейродинамические характеристики. Устойчивость слухового анализатора к экстремальному воздействию звука определяли по высоте терминального порога и времени субъективной безболезненной переносимости звука на уровне терминального порога для частоты 500 и 1000 Гц. Пороги слуховой чувствительности определяли моноурально методом минимальных изменений в диапазоне от 0 до 40 дБ для абсолютного порога и от 0 до 120 дБ – для терминального.

Остроту зрения измеряли после 2-минутной предадаптации (2500 асб) ($1 \text{ асб} = 0,318 \text{ кд/м}^2$) при яркости объекта 22 асб. Скорость световой адаптации оценивали по времени различения испытательного объекта яркостью 0,35 асб после 2-минутной предадаптации. В расчет принимали время достижения остроты зрения 0,1, 0,2, 0,3, 0,4 и 0,5. Скорость темновой адаптации определяли по остроте зрения при яркости объекта 17,48; 1,1; 0,44 и 0,22 асб после 30-секундного засвечивания лампой мощностью 3,2 Вт. Пороги пространственного разрешения кожного анализатора на внутренней и внешней стороне кисти регистрировали с помощью эстезиометра тем же методом в диапазоне от 1 до 20 мм.

Скорость сенсомоторных реакций регистрировали на хронорефлексометре "Центр". Регистрировали время акустико-моторной реакции на звук в 1000 Гц, пороговая интенсивность и 40 дБ (ЛП АМР_{пор}, ЛП АМР₄₀), зрительно-моторной реакции на красный свет (ЛП ЗМР) и время реакции различения одного из двух (красный и зеленый)

раздражителей (ЛП ЗМР₁₋₂). Длительность стимулов составляла 1000 мс, интервалы между стимулами – 3000, 4000 и 5000 мс. О выносливости нервной системы судили по величине снижения максимального теппинга в течение 90 секунд. Лабильность возбуждения и торможения оценивали с помощью кинематометрической методики на амплитудах 20° и 70°. Уравновешенность нервных процессов определяли по РДО с использованием рефлексометра "Центр". Время каждой из 15 проб при регистрации РДО составляло 2 с, положение маркера – в центре поля.

Общемозговую лабильность (КЧСМ) изучали посредством определения критической частоты слияния и различения световых мельканий красного цвета методом минимальных изменений (непрерывный ряд стимулов) с диапазоном регулировки от 25 до 60 Гц. Использовали светодиод АЛ-114 красного цвета и генератор сигналов специальной формы Г6-26. Уровень фоновой активированности ЦНС измеряли с помощью графической регистрации оптимального 10-секундного теппинга; способность к генерации возбуждения – по максимальному 10-секундному теппингу и разнице (Δ) максимального и оптимального теппинга. Точность оценки временных интервалов определяли с помощью хронорефлексометра по абсолютной и относительной ошибке отмеривания эталонного интервала времени (5", 15" и 30").

Статистическую обработку результатов исследования проводили с помощью пакета программ Microsoft Office Excel – 2003 и Statistica – 96. Из сводных показателей рассчитывали среднее значение показателя ($\bar{x}$), стандартное отклонение (σ), ошибку средней (m). С учетом отклонения распределения показателей от нормального, различия между группами определяли посредством непараметрического критерия Манна-Уитни.

Основная часть. Предварительный анализ результатов показал более высокую абсолютную чувствительность и тенденцию к понижению терминальной чувствительности на звук частотой 1000 Гц (рис. 1). Это обусловило и больший диапазон слуховой чувствительности для данной частоты. Распределение всех приведенных показателей отклоняется от нормального. При этом 33% и 28% респондентов не проявили никакого беспокойства при достижении верхнего порога терминальной чувствительности (> 90дБ), время переносимости составило у них более минуты (рис. 2).

Интересно, что при частоте 500 Гц верхнего порога достигает 41% испытуемых, однако только 33% выдерживает такой уровень громкости более минуты. При частоте 1000 Гц, субъективно более неприятной, до 90 дБ доводят уровень громкости только 30% испытуемых, однако почти все они (28%) не испытывают дискомфорта при длительной экспозиции. Подобная структура выборки и характер распределения усложнили выделение групп для дальнейшего анализа. Среди 78 женщин легко нашлось 20 человек (26%) с максимальными значениями как терминального порога (>90 дБ), так и времени экспозиции (> 60 с) для обоих значений частоты (группа 1; n=20).

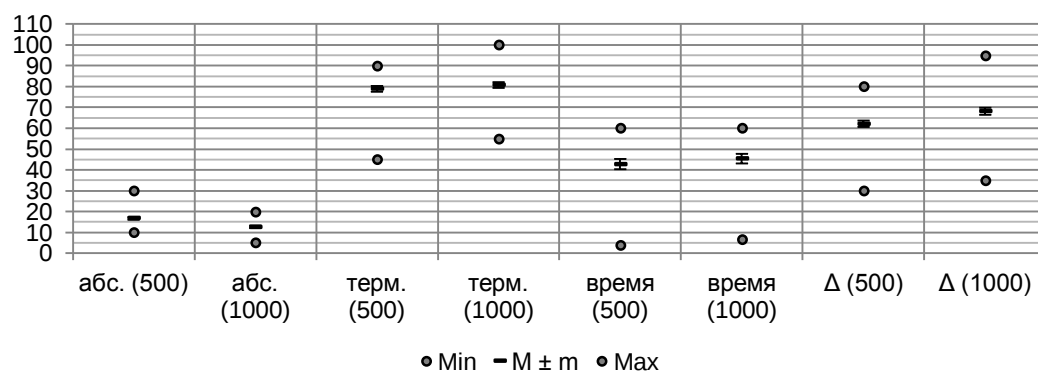


Рисунок 1. Показатели слуховой чувствительности у женщин 19-23 лет

абс. – абсолютный и *терм.* – терминальный пороги слуховой чувствительности (дБ), *время* – время переносимости звука на уровне терминального порога (с), Δ – диапазон чувствительности между абсолютным и терминальным порогом (дБ) для частоты звука 500 и 1000 Гц.

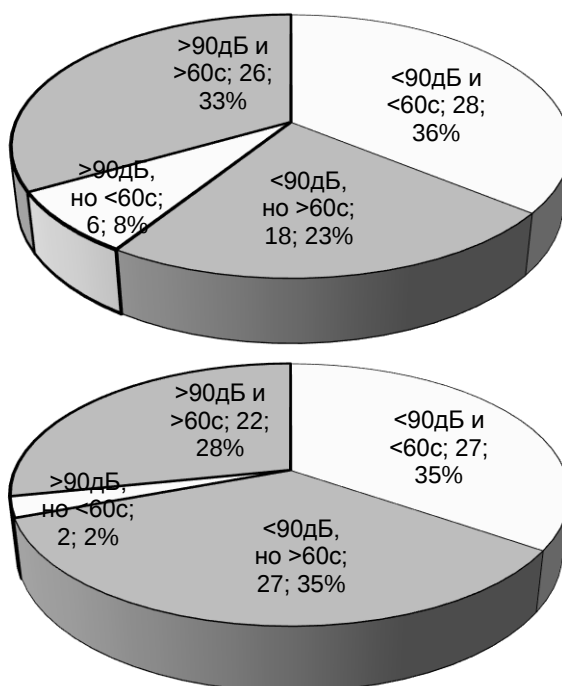


Рисунок 2. Распределение женщин с различными показателями устойчивости к экстремальному воздействию звука 500 Гц (слева) и 1000 Гц (справа)

Совпадение же низкого терминального порога и времени экспозиции ($< \bar{\sigma} - 1\sigma$) для обоих частот наблюдалось только у 2 человек (2%). Поэтому во вторую группу отнесли женщин, у которых от 1 до 4 группформирующих показателей $< \bar{\sigma} - 1\sigma$, и ни один не достигает максимума (группа 2; $n=16$).

Сравнение тактильной, зрительной и абсолютной слуховой чувствительности показало, что респонденты группы 1 отличаются более высокой тактильной ($p = 0,02$) и абсолютной слуховой чувствительностью ($p = 0,01$). У них выше острота зрения ($p = 0,003$), скорость поздних этапов световой адаптации ($p = 0,02$ и $p = 0,04$) и эффективность темновой адаптации (p от 0,002 до 0,05) (рис. 3).

Следует отметить, что различия тактильной чувствительности наблюдаются только для наружной стороны ладони, а слуховой – только для частоты 1000 Гц. Различия в скорости световой адаптации характерны только для поздних ее этапов. Вероятнее всего, временные и пороговые показатели терминальной чувствительности обусловлены не только и не столько абсолютной чувствительностью анализатора, сколько общими, модально неспецифическими механизмами, обеспечивающими адаптацию к экстремальным воздействиям стимула [5, 10, 14, 15]. Данное предположение подтверждается результатами сравнения нейродинамических показателей у групп респондентов (рис. 4–5).

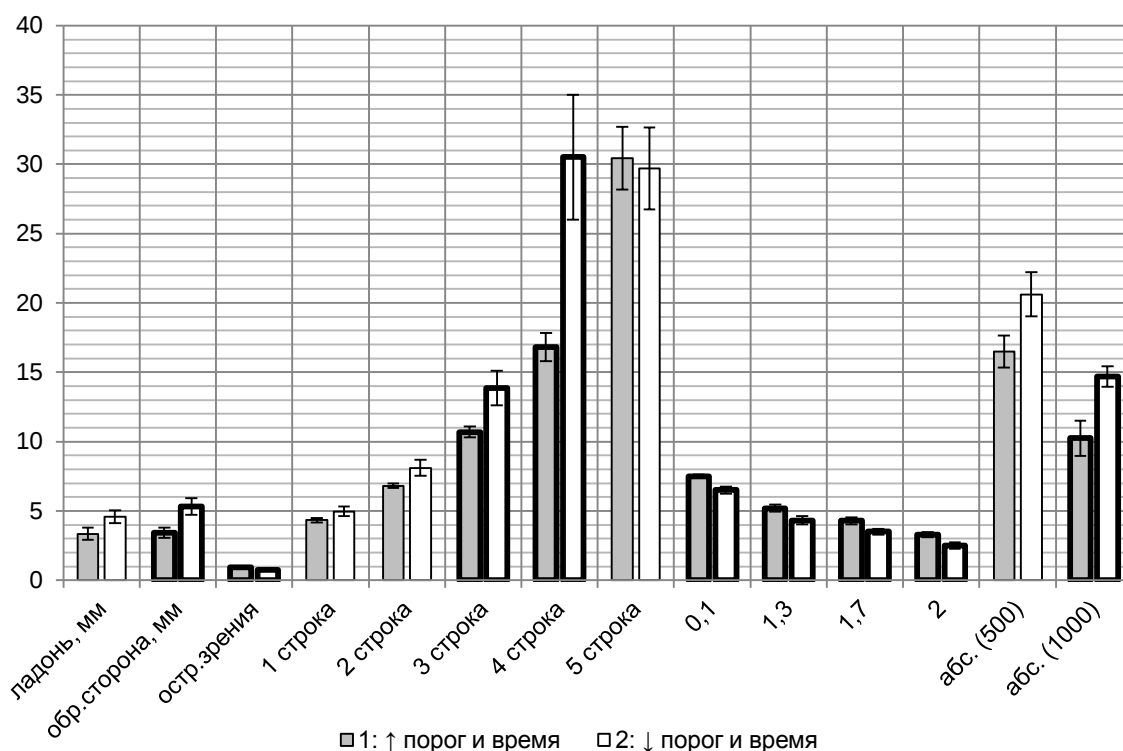


Рисунок 3. Показатели сенсорной чувствительности у женщин с высокой (группа 1) и низкой (группа 2) устойчивостью слуховой системы к экстремальному воздействию звука

Обведены значения показателей, различные у двух групп на уровне $p \leq 0,05$.

Ладонь и *обр. сторона* – дифференциальные пороги тактильной чувствительности на внутренней и тыльной стороне ладони соответственно (мм); *1-5 строка* – время световой адаптации – время достижения остроты зрения 0,1–0,5 соответственно (с); 0,1; 1,3; 1,7; 2 – эффективность темновой адаптации – острота зрения при соответствующей яркости объекта; *абс.* – абсолютный порог слуховой чувствительности при частоте звука 500 и 1000 Гц (дБ).

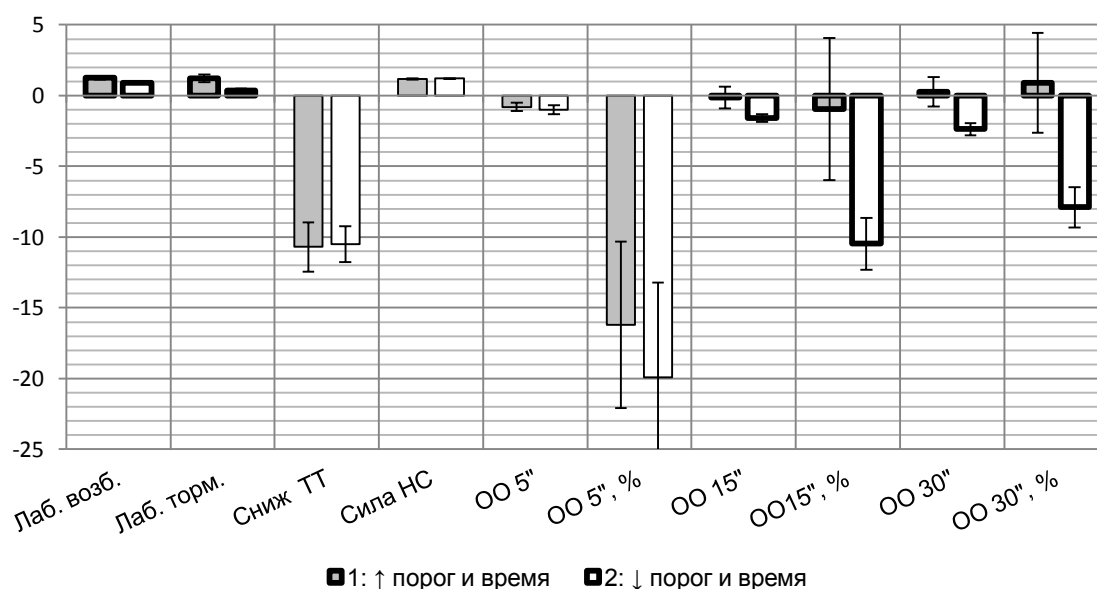


Рисунок 4. Нейродинамические показатели у женщин с высокой (группа 1) и низкой (группа 2) устойчивостью слуховой системы к экстремальному воздействию звука

Обведены значения показателей, различные у двух групп на уровне $p \leq 0,05$.

Лаб. возб. и *Лаб. торм.* – лабильность возбуждения и торможения (усл.ед.); *Сниж ТТ* – снижение максимального теппинга за 90 секунд (%) – слабость НС; *Сила НС* – интенсивность возбуждения в ЦНС; *ОО* и *ОО, %* – ошибка отмеривания временных интервалов 5", 15" и 30", абсолютная (с) и относительная (%) соответственно.

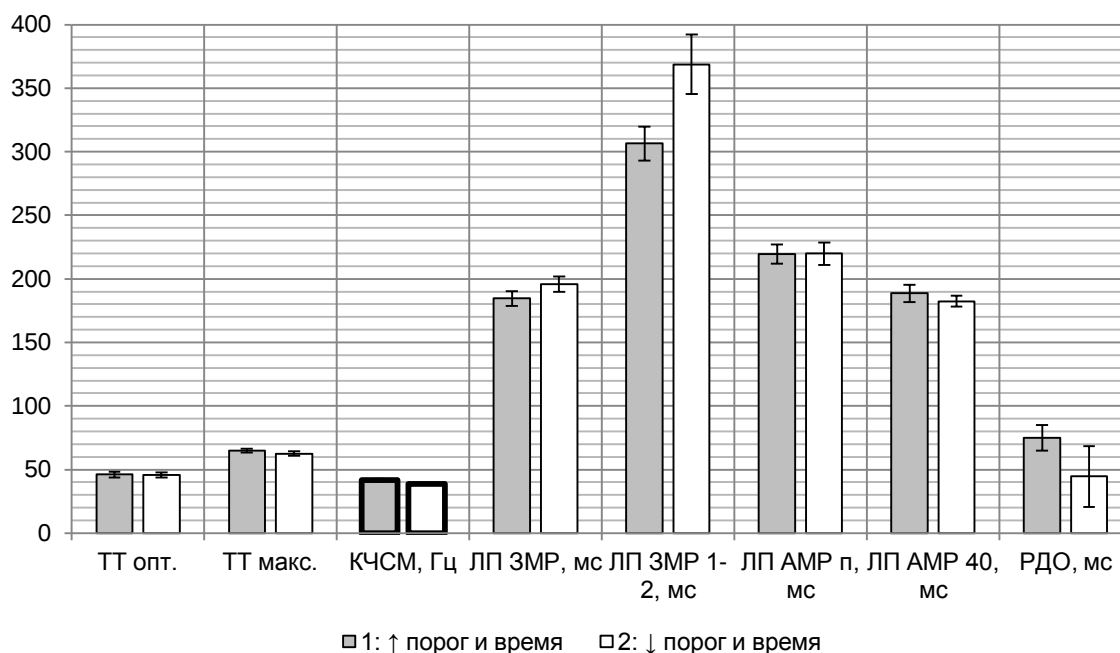


Рисунок 5. Нейродинамические показатели у женщин с высокой (группа 1) и низкой (группа 2) устойчивостью слуховой системы к экстремальному воздействию звука

Обведены значения показателей, различные у двух групп на уровне $p \leq 0,05$.
ТТ_{опт.} и *ТТ_{макс.}* – частота оптимального и максимального 10-секундного теппинга – уровень фоновой активности ЦНС и способность к генерации возбуждения (касаний/сек); *КЧСМ* – критическая частота световых мельканий – общемозговая лабильность (Гц); *ЛП ЗМР* и *ЛП ЗМР₁₋₂* – время простой зрительно-моторной реакции и реакции различения одного из двух цветов (мс); *ЛП АМР_{пор.}*, *ЛП АМР₄₀* – время акустико-моторной реакции на стимул пороговой интенсивности и интенсивностью 40 дБ (мс); *РДО* – реакция на движущийся объект – баланс нервных процессов (мс).

У группы 1 наблюдается достоверно более высокие значения лабильности возбуждения ($p = 0,04$) и торможения ($p = 0,01$) (рис. 4) общемозговой лабильности ($p = 0,02$), а также тенденция к ускорению обработки простых и сложных зрительных стимулов ($p = 0,2$ и $p = 0,06$ соответственно) и развитию возбуждения ($p = 0,23$) (рис. 5). Такой спектр нейродинамических показателей указывает на роль адаптивных процессов в повышении терминального порога при действии специфических интенсивных раздражителей, и на защитный характер этого повышения [15]. Достоверное уменьшение опережающей ошибки отмеривания 15" ($p = 0,03$) и запаздывание при отмеривании 30" ($p = 0,02$) (рис. 4), а также тенденция к более выраженному запаздыванию реакции на движущийся объект ($p = 0,24$) (рис. 5) указывают на преобладание торможения нервных процессов у данной группы.

При этом не проявляется даже слабой тенденции к снижению фоновой активности ($p = 0,9$) (рис. 4). Оба показателя силы не различаются так же, как и скорость обработки слуховых стимулов ($p = 0,9$ для снижения теппинга; $p = 0,44$ для интенсивности нервных процессов; $p = 0,61$ и $p = 0,85$ для ЛП АМР) (рис. 4, 5).

ВЫВОДЫ:

Опасная интенсивность звука при моноуральной экспозиции не вызывает дискомфорта у 25,6% женщин.

Женщины с высокой устойчивостью к экстремальному воздействию звука отличаются более высокой тактильной и абсолютной слуховой чувствительностью. У них выше острота зрения, скорость поздних этапов световой адаптации и эффективность темновой адаптации. Значения нейродинамических показателей указывают на относительное повышение лабильности нервных процессов и сдвиг их баланса в сторону торможения.

Полученные данные позволяют предположить, что временные и пороговые показатели терминальной чувствительности обусловлены не столько абсолютной чувствительностью анализатора, сколько общими, модально неспецифичными механизмами, обеспечивающими адаптацию при экстремально высокой стимуляции. К этим механизмам можно отнести лабильность и баланс нервных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корнюшина Т.А. Физиологические механизмы развития зрительного утомления при выполнении зрительно-напряженных работ // Вестн. офтальмологии. – 2000. – №4. – С.33-36.
2. Лаврик Н.С. Влияние увеличения времени работы за монитором компьютера на некоторые показатели функционального состояния глаза // Вестн. офтальмологии. – 2004. – №6. – С.28-31.
3. Домрачев А.А. и др. Состояние анализаторных систем в условиях продолжительной вынужденной психофизиологической активности // Сибирский медицинский журнал. – 2006. – Т.59, №1. – С.71-74.
4. Толмачева Т.В., Домрачев А.А. Диагностические значимость параметров функционирования анализаторных систем // Сибирское медицинское обозрение. – 2007. – № 2 (43). – С.35-39.
5. Зыков О.А. и др. Состояние психических процессов в экстремальных условиях // Комплексная безопасность России – исследования, управление. – Москва, 2002. – С.170-171.
6. Шаназаров А.С. и др. Оценка значимости психофизиологических компонентов в обеспечении операторской деятельности в высокогорье // Физиология человека. – 2002. – №6. – С.32-39.
7. Фролов Б.С. Экспресс-оценка и мониторинг функционального состояния организма и психического статуса человека по сердечному ритму // Вестн. аритмологии. – 2000. – №16. – С.72-77.
8. Щербakov В.И. и др. Особенности восприятия микросекундных вспышек красного и зеленого цвета при раздельном и одномоментном предъявлениях // Вестн. Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2010. – № 6. – С.102-104.
9. Паренко М.К. и др. Восприятие дихотически предъявляемых звуковых щелчков при дисциркуляторной энцефалопатии // Сенсорные системы. – 2009. – Т.23, №3. – С.208-218.
10. Вайтулевич С.Ф., Шестопалова Л.Б. Современные направления исследования слуховой функции человека неинвазивными нейрофизиологическими методами // Сенсорные системы. – 2004. – Т.18. – №3. – С.226-232.
11. Никитин Н.И. Эффект опережения или сенсорное предсказание // Материалы V Всероссийской конференции-школы по физиологии слуха и речи. – СПб, 2008. – С.40.
12. Радионова Е.А. Опыты по физиологии слуха. – СПб.: Изд-во Ин-та физиологии им. И.П.Павлова РАН, 2003. – 255 с.
13. Вартанян И.А. Слуховые функции при нарушениях речи у детей // I Съезда физиологов СНГ. – М. Медицина-Здоровье, 2005. – С.156.
14. Макаренко Н.В. Сенсомоторные функции в онтогенезе человека и их связь со свойствами нервной системы // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 6. – С.55-57.
15. Блоцкий И.А. О психофизиологических показателях в оценке работоспособности, утомления и переутомления моряков // Воен.-мед. журн. – 2002. – №10. – С.58-65.

УДК 37.091.3:57:811.111

Елисеева-Брованюк Д.С.
Научный руководитель: Гридько О.А., к.б.н., доцент
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет

ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДИКИ ИНТЕГРИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ В УЧЕБНО-ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС (БИОЛОГИЯ И АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК)

Резюме. В статье представлены методологические исследования проведения интегрированных уроков в общеобразовательной школе. Разработаны и проведены интегрированные уроки по биологии и английскому языку в среднем звене с использованием различных методов и приемов.

Ключевые слова: интегрированный урок, английский язык, биология, методика.

На современном этапе школьное образование стремится к реорганизации и модернизации учебно-воспитательного процесса. Что приводит к существенным изменениям в учебных программах и классно-урочной системе в целом. Чтобы идти «в ногу со временем» нужно постоянно искать что-то новое и познавательное для учащихся; то, чем можно удивить и заинтересовать. Таковым в современной школе можно назвать интегрированное обучение, которое строится на объединении, сближении учебного материала отдельных предметов в единое целое. В основе интегрированной системы обучения лежит интенсивное использование межпредметных связей (как по конечным целям, так и по содержанию, методам и приёмам работы).

Как единая целостная система, интеграция является эффективным средством обучения детей на основе более совершенных методов, приёмов, форм и новых технологий в учебно-воспитательном процессе. Эта система обучения включает в себя элементы различных элементов, соединение которых способствует рождению качественно новых знаний, взаимообогащая предметы, способствуя эффективной реализации триединой дидактической цели. [1] Кроме того, интенсифицируя учебный процесс, интеграция способствует снятию перенапряжения, нагрузки, утомляемости учащихся за счёт переключения их на разнообразные виды деятельности в ходе урока.

Интегрированный урок имеет психологическое преимущество: пробуждает интерес к предмету, снимает напряжённость, неуверенность, помогает сознательному усвоению подробностей, фактов, деталей тем самым обеспечивает формирование творческих способностей учащихся, так как позволяет внести не только учебную, но и исследовательскую деятельность. [2]

Интегрированное обучение является одновременно и целью, и средством обучения. Как цель обучения интеграция помогает школьникам целостно воспринимать мир, познавать красоту окружающей действительности во всём её разнообразии. Интеграция как средство обучения учащихся способствует приобретению новых знаний, представлений на стыке традиционных предметных знаний. Является высшей формой воплощения межпредметных связей на качественно новой ступени.

Используя процесс интеграции наук в школьном обучении, реализуемом через межпредметные связи, можно достичь следующих результатов:

1. Знания приобретают качества системности.
2. Умения становятся обобщёнными, способствуют комплексному применению знаний, их синтезу, переносу идей и методов из одной науки в другую, что лежит в основе творческого подхода к научной, художественной деятельности человека в современных условиях.
3. Усиливается мировоззренческая направленность познавательных интересов учащихся.
4. Более эффективно формируются их убеждения и достигается всестороннее развитие личности.
5. Способствует оптимизации, интенсификации учебной и педагогической деятельности.

Содержательные и целенаправленные интегрированные уроки вносят в привычную структуру школьного обучения новизну и оригинальность, повышают общую мотивацию учащихся.

Как единая целостная система, интеграция является эффективным средством обучения детей на основе более совершенных методов, приёмов, форм и новых технологий в учебно-воспитательном процессе. Эта система обучения включает в себя различные элементы, соединение которых способствует рождению качественно новых знаний, взаимообогащая предметы, способствуя эффективной реализации триединой дидактической цели.

Цель работы – внедрить методику интегрированного обучения в учебно-воспитательный процесс общеобразовательной школы.

Данная цель предполагает решение следующих **задач**:

1. Изучить особенности организации и проведения интегрированных уроков в средней школе.
2. Провести интегрированные уроки по биологии и английскому языку в 6-9 классах.
3. Проанализировать влияние интегрированного обучения на интерес к учебным предметам.

Внедрение методики интегрированного обучения проводилось на базе Муниципальной образовательной организации «Общеобразовательная школа № 7 города Енакиево». Нами выбирались тематические блоки в разных классах с 6 по 9 и объединялись с уроками английского языка.

Во время подготовки и проведения учебных занятий широко применялись эмпирические методы. **Метод наблюдения** применялся во время проведения интегрированного урока и контроля. Данный метод помог увидеть недостатки и достоинства проводимых занятий по ответам и подготовке учащихся. **Педагогический эксперимент** – важнейший метод научно-практического исследования, направленный на выявление эффективности тех или иных форм, методов и приемов интегрированного обучения, а также обоснование ценности материалов, служащих педагогическим задачам.

Метод моделирования использовался при разработке плана-конспекта урока и подготовке практических заданий к уроку. Данный метод выступил средством, позволяющим устанавливать более глубокие и сложные взаимосвязи между биологической теорией и опытом. **Метод прогнозирования** – конкретный способ, направленный на исследование объекта прогнозирования с целью получения целевого прогноза. Данный метод использовался при планировании этапов урока для достижения целевых результатов. **Качественный и количественный методы** исследования использовались при подведении итогов урока и проведении оценивания учащихся.

В ходе эксперимента использовались следующие методы теоретического познания: систематизации, интеграции, системного анализа, сравнения, обобщения.

Системный анализ – это методология теории систем, заключающаяся в исследовании любых объектов, представляемых в качестве систем, проведения их структуризации и последующего анализа. Главная особенность системного анализа заключается в том, что он включает в себя не только метод анализа, но и метод синтеза. Таким образом, метод системного анализа был применен при самоанализе интегрированного урока. **Методы сравнения и обобщения** были применены во время подведения итогов урока и его самоанализе.

Внедрение интегрированных занятий проводилось в конце темы в качестве закрепления материала, после чего, в обязательном порядке, проводился контроль усвоенного материала. Таким образом учащиеся в начале знакомились с основными терминами и понятиями изучаемой темы на родном языке, а затем проводились интегрированные уроки с применением различных аудио и видео-материалов и презентаций Power Point на английском языке. Кроме того широко применялись аутентичные материалы британских периодических изданий (Science, Nature, The Journal of Zoology, The England Journal of Medecine и т.д.), оксфордские учебники (Биология человека в диаграммах, Оксфордский справочник школьника и т.д.), научные труды британских ученых, таких как Ч. Дарвин, А. Флемминг, У. Бэтсон и других. Данные материалы помогали расширить полученные ранее знания и давали возможность посмотреть на уже известные факты с разных точек зрения. Кроме того британские

аутентичные материалы давали возможность учащимся ощутить важность изучения биологии и понять ее практическую значимость.

В 6 классе интегрированные уроки применялись при изучении темы «Растительная клетка», в 7 классе в ходе изучения темы «Птицы», в 8 классе в тематическом блоке «Кровь – жидкая среда организма», в 9 классе в теме «Эволюционное учение». При проведении данных интегрированных занятий использовалось большое количество дополнительных материалов как аутентичных (видео о строении клетки, форменных элементах крови, путешествии Ч. Дарвина на корабле «Его Величество Бигль», сезонных явлениях птиц и др.) так и созданных самостоятельно учителем (таблицы и биологические рисунки на английском языке, презентации с применением интерактивных заданий, раздаточный материал в виде карточек для парной и групповой работы, домино, помогающее усвоить строение различных биологических систем. Кроме того широко используются наглядности с пояснением на английском языке для облегчения понимания речи учителя и учебного материала в целом.

В ходе интегрированных уроков учащиеся знакомились с текстами «Plant cell», «Blood is a liquid system of the human body», «What do you know about birds?» и др.. По ходу чтения и перевода текста, школьники знакомились с названием органелл растительной клетки на английском языке, строении крови, узнали о путешествиях Ч.Дарвина, познакомились с сезонными явлениями в жизни птиц и многое другое. В качестве закрепления лексики, учащимся была предложена игра в домино, где необходимо было сопоставить картинку с соответствующей органеллой на английском языке. Учащиеся на уроке были активны, внимательны, работоспособны. Исходя из этого, можно сделать вывод, что выбранная форма организации учебной деятельности школьников была достаточно эффективной. Для развития критического мышления были использованы современные методы и приемы.

В ходе интегрированных уроков биологии и английского языка, по возможности, присутствуют все виды речевой деятельности: аудирование, письмо, чтение и говорение. Именно поэтому во время проведения урока выбираются такие виды и формы работ: чтение текста с последующим выполнением заданий на понимание основного смысла, просмотр аутентичных видеороликов по изучаемой теме, зарисовка биологических рисунков с обозначениями на английском языке, запись основных терминов и понятий, работа со слайдами презентации по данной теме.

Во время проведения интегрированных уроков реализуются следующие принципы: 1. Принцип активности – все учащиеся были активны на уроке. 2.

Принцип сознательности – все учащиеся сознательно вступают в беседу. 3.

Принцип наглядности – использовались разнообразные наглядные материалы. 4.

Принцип развивающего обучения. 5. Принцип доступности и посильности. 6.

Принцип коммуникативной направленности.

Интегрированные уроки биологии и английского языка позволяют вовлечь в учебный процесс не только сильных учащихся, но и слабоуспевающих, т.к. школьники выражают свою мысль на иностранном языке, не опасаясь получить плохую оценку. [3]

Во время планирования и проведения интегрированных занятий используются различные формы и виды учебной деятельности: индивидуальная работа, работа в парах, в малых группах, по цепочке; интерактивные приемы: «мозговой штурм», «кластер», «пресс-конференция», «Ассоциации» и многие другие. Широко применяются словесные, визуальные и аудио-визуальные методы, работа с текстами, раздаточным материалом, работа возле доски.

В конце темы проводился обязательный интегрированный контроль для выявления уровня обученности и усвоения изученного материала. Всего принимало участие в данном эксперименте 4 класса: в 6 классе – 16 чел, в 7 классе – 12 чел., в 8 классе – 10 чел, в 9 классе 15 чел.

Общее количество «пятерок» – 17, «четверок» - 24, «троек» - 12, «двойки» отсутствуют.

Таблица 1

Количественная оценка знаний учащихся после прохождения интегрированного контроля в среднем звене

Класс, всего чел.	«5», чел.	«4», чел.	«3» чел.	«2», чел.	Средний балл
6-А, 16 чел.	5	10	1	-	4,25
7-А, 12 чел.	3	3	6	-	3,75
8-Б, 10 чел.	4	4	2	-	4,2
9-А, 15 чел.	5	7	3	-	4,13

Полученные данные свидетельствуют о высоком уровне усвоения школьного материала и эффективности интегрированного обучения в общеобразовательной школе.

Уровень самостоятельного мышления школьников, их познавательную активность, уровень усвоения и использования материала во время проведения интегрированных уроков можно оценить как хороший и удовлетворительный. Учащиеся проявляют активность на уроке, всегда очень внимательны и работоспособны.

Выводы. Интегрированное обучение играет важную роль в современном образовании, активизируя познавательный процесс учащихся, умение синтезировать изученный материал, делать аргументированные выводы. Главными преимуществами интегрированного обучения является увлекательность и нестандартность форм их проведения, что увеличивает желание учащихся усваивать знания одного предмета посредством другого. С применением интегрированных уроков в школьном курсе учителя получают возможность повысить мотивацию учащихся в изучении биологии и иностранного языка, что положительно повлияет на уровень умственных и познавательных способностей учащихся в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поташник М.М. Требования к современному уроку. Методическое пособие/ М.М. Поташник. – М.: Центр педагогического образования, 2007. – 272 с.
2. Максимова В.Н. Межпредметные связи в обучении биологии. – М.: Просвещение, 1997. – 192 с.
3. Лакоценина Т.П. Современный урок. Интегрированные уроки. – Ростов-на-Дону.: Учитель, 2008. – 126 с.

УДК 612.833.81

*Замковая М.А., Пашиковская В.Н., Варгоцкая Л.С.
Научный руководитель: Богданова С.А., ассистент
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет*

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОВЕДЕНИЯ КРЫС В ТЕСТЕ «ПРИПОДНЯТЫЙ КРЕСТООБРАЗНЫЙ ЛАБИРИНТ» ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИММОБИЛИЗАЦИОННОГО СТРЕССА

Резюме. В данном исследовании изучено изменение структуры поведения самцов белых лабораторных крыс в тесте «Приподняты крестообразный лабиринт» под действием иммобилизационного стресса. Установлено, что характер влияния иммобилизации зависит от начальной поведенческой тревожности подопытных животных.

Ключевые слова: поведение, поведенческая тревожность, стресс, иммобилизация.

Вступление. Малоподвижный образ жизни – это причина не только заболеваний опорно-двигательной системы, но и развития различных нервно-психических заболеваний [1]. Гипокинезия – состояние низкой двигательной активности организма с ограничением объема движений и скорости – провоцирует развитие довольно большого количества изменений в организме [2]. В повседневной жизни дефицит двигательной деятельности в первую очередь приводит к адаптационным изменениям прохождения физиологических функций в организме. При этом такие изменения могут не проявляться внешне, т.к. используется резервный потенциал организма. Но после истощения этого резерва, воздействие гипокинезии проявляется. Дальнейшее ограничение двигательной активности приводит к возникновению предпатологического состояния [2]. Наиболее частыми симптомами этого, например, является ухудшение адаптации сердечно-сосудистой системы к стандартной физической нагрузке, снижение показателей жизненной емкости легких, появление избыточной массы тела за счет отложения жира, повышение уровня холестерина в крови, снижение иммунитета [3, 4]. Последнее связано со снижением общей неспецифической резистентности, что приводит к увеличению частоты развития заболеваний в два и более раз. В случае продолжения действия гипокинезии на организм развиваются патологические изменения в деятельности центральной нервной системы (ЦНС), вегетативных функций и обменных процессах в организме.

По данным Шибковой В.П. и Алёнина И.В. [1] при снижении уровня двигательной активности происходит явное уменьшение афферентной и эфферентной импульсации, следовательно, появляются функциональные изменения ЦНС и снижается тонус коры головного мозга. Гипокинезия вызывает эмоциональные нарушения: повышаются ранимость и раздражительность, появляются переменчивость настроения, тревожность, нарушается сон, проявляются характерологические черты, возрастает конфликтность во взаимоотношениях и значительно понижается барьер нервно-психической адаптации к окружающей среде [1-4].

Недостаток данных о механизмах адаптации к стрессу приводит к снижению эффективности профилактики и последующего лечения последствий влияния стрессового воздействия на организм [5]. Особенно остро ощущается нехватка таких данных при изучении индивидуально-типологических особенностей воздействия гипокинезии как стресс-фактора на организм. Так известно, что у одних особей гипокинезия вызывает развитие стресс-индуцированного состояния, у других – нет.

Данная работа посвящена изучению влияния иммобилизационного стресса на изменение структуры поведения крыс в тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт».

Цель исследования: установить индивидуально-типологические особенности чувствительности к иммобилизационному стрессу.

В соответствии с целью, были поставлены следующие **задачи**:

- 1) используя показатели поведения в тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт» провести психогенетический анализ популяции самцов белых крыс;
- 2) сопоставить параметры поведения животных разных групп до и после воздействия эмоционального стресса.

Методика. Эксперимент был выполнен на 22 половозрелых лабораторных крысах-самцах в возрасте 6 (масса 180 ± 7 г.) месяцев, содержащихся в виварии в стандартных условиях. Уровень поведенческой тревожности определялся с помощью стандартной методики «Приподнятый крестообразный лабиринт» (ПКЛ).

Об уровне тревожности животного судили по суммарному времени пребывания в открытом пространстве ПКЛ [6, 7]. В соответствии со значениями этого показателя группы крыс были разделены на подгруппы с различным уровнем тревожности (УТ): высоким, средним и низким. Также фиксировались такие показатели, как выглядывания из закрытых рукавов, стойки в открытых рукавах, выход в открытое пространство, переходы между закрытыми рукавами и дефекации.

Состояние эмоционального стресса (иммобилизационный стресс) моделировалось путем помещения животного на 5 часов в течение 5 дней в индивидуальные клетки-пеналы [3]. На 5-е сутки животные проходили повторное тестирование для выявления эффекта воздействия гипокинезии.

Первичные экспериментальные данные обрабатывались с помощью общепринятых методов математической статистики. Разделение исследуемых популяции животных на подгруппы с различными индивидуально-типологическими особенностями проводилось согласно правилу $\pm 0,67\delta$. Для оценки достоверности различий между контрольными и опытными значениями, а также между животными разных возрастов использовался U-критерий Манна-Уитни (в связи с ненормальным распределением выборки).

Результаты и их обсуждение. На диаграмме (рис. 1) приведено распределение животных на три подгруппы с разными уровнями тревожности (высокой, средней и низкой) с учетом степени выраженности суммарного времени пребывания в открытом пространстве ПКЛ.

Популяция животных разделилась на разные по количеству особей подгруппы. Большая часть (9 особей) была отнесена к подгруппе с высоким уровнем тревожности, подгруппы со средним и низким УТ составили 7 и 6 особей соответственно (рис. 1).

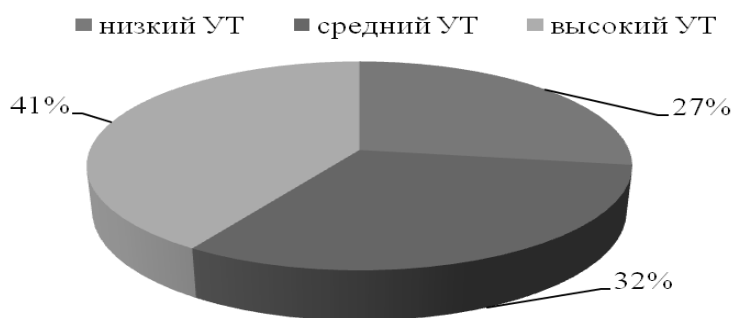


Рис. 1. Распределение животных на подгруппы с разным уровнем тревожности (n=22)

При изучении влияния иммобилизационного стресса на подгруппы крыс было обнаружено разнонаправленное действие этого стрессового фактора на маркерный показатель – суммарное время пребывания в открытом пространстве (ВрОП). Так, в подгруппе с низким УТ значение ВрОП (таблица 1, рис. 2) увеличилось относительно исходных данных в 2,82 раза ($p_u < 0,05$), в группе с высоким УТ этот показатель сократился в 1,76 раз ($p_u < 0,05$) и в группе со средним УТ достоверных изменений не наблюдалось.

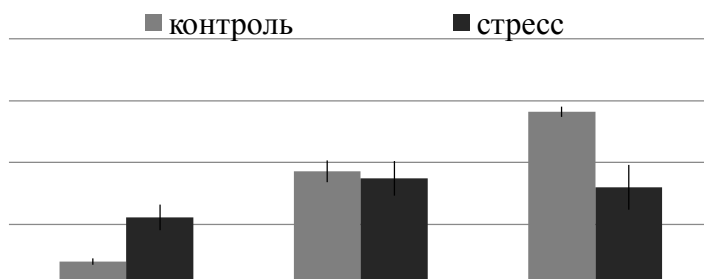


Рисунок 2 – Изменения суммарного времени пребывания в открытом пространстве под действием иммобилизационного стресса,
– разница статистически значима при $p_u < 0,05$

Таблица 1 – Абсолютные значения показателей поведения самцов белых крыс в тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт» (n=22)

Группы	Исследование	ВрОП, сек	Выглядывания из закрытых рукавов	Количество выходов из закрытых рукавов	Количество стоек в открытых рукавах	дефекации
низкий УТ (n=6)	Контроль	19,8±2,63 [#]	2,2±0,63 [#]	0,4±0,14 [#]	0,2±1,50	1,4±0,29
	Стресс	55,8±10,37*	3,8±0,87*	1,0±0,23*	0,2±1,50	0,6±0,16*
средний УТ (n=7)	Контроль	93,0±8,69	5,0±0,84	1,3±0,18	0,5±0,58	0,5±0,70
	Стресс	87,3±14,00	3,0±0,51*	0,8±0,16*	0,3±0,25	0,5±0,28
высокий УТ (n=9)	Контроль	141,0±4,01 [#]	1,5±0,31 [#]	2,3±0,36 [#]	1,5±0,50	0,0±0,00
	Стресс	80,0±18,14*	2,5±0,51*	1,0±0,11*	3,5±0,51*	0,5±0,50

Примечание: * – отличия достоверны ($p_u < 0,05$) при сравнении контроль-стресс; [#] – отличия достоверны ($p_u < 0,05$) при сравнении показателей условного контроля (средний уровень тревожности) с группами низкого и высокого уровней тревожности.

Аналогичным образом изменился показатель количества выходов из закрытых рукавов: в группе с низким УТ – увеличение в 2,5 раз ($p_u < 0,05$), в высоком УТ – уменьшение в 2,3 раз ($p_u < 0,05$), со средним УТ изменений нет. При этом количество выглядываний из закрытых рукавов сократилось в группе со средним УТ (в 1,67 раз, $p_u < 0,05$), а в группах с высоким и низким УТ повысилось в 1,72 и 1,67 раз соответственно ($p_u < 0,05$). Гипокинезия привела к изменению количества стоек в открытых рукавах только в подгруппе с высоким УТ (отмечено увеличение показателя в 2,33 раз, $p_u < 0,05$). Угнетение эмоциональности под действием стресса установлено только в группе с низким УТ, на что указывает сокращение количества фекальных болюсов у этих животных в среднем в 2,33 раз ($p_u < 0,05$).

Выводы. Животные распределяются по подгруппам с разными уровнями тревожности в разных долях, и максимальное количество особей характеризуется высокими значениями уровня тревожности. Чувствительность к выбранному воздействию – иммобилизационному стрессу – у животных разного исходного уровня выраженности показателя тревожности отличается. Установлено, что иммобилизационный стресс разнонаправлено влияет на животных разных подгрупп: повышает уровень тревожности крыс с исходно низким уровнем тревожности, а в подгруппе с высоким уровнем тревожности, наоборот, снижает, о чем свидетельствует соответственно увеличение и снижение суммарного времени пребывания в открытом пространстве животных данных подгрупп. Наименее чувствительными к действию стресса являются животные со средним уровнем тревожности, о чем свидетельствует неизменность показателей в тесте «Приподнятый крестообразный лабиринт».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шибкова В.П., Алёнин И.В. Гипокинезия и ее влияние на организм // Вопросы современной науки и практики. – №2(68). – 2018. – С. 148-154.

2. Панушева Н.Н. Влияние длительной гипокинезии на обмен биогенных аминов в субклеточных структурах некоторых образований двигательной системы мозга крыс: автореф. дис. ... канд.биол.наук. Ин-т мозга, М., 1984. – 183 с.
3. Karakoc Y., Sibel Turhan L., Ejder Akgun Yildirim S., Murat Mengi L., Yurdakos Er., Barutcu B. Neuropeptide Y alters stress-induced changes in trace element concentrations of brain in chronically immobilized rats // The Jour. of Trace Elements in Exper. Med. – 2004. – Vol. 17, is. 4. – P. 283 – 290.
4. Коваленко З.И., Гуровский Н.Н. Гипокинезия. – М.: Медицина, 1980. – 320 с.
5. Андрух П.Г. Этиология, нейрохимия и клиника современных форм тревожно-депрессивных расстройств // Мед. исследов. – 2001. – Т. 1, вып. 1. – С. 109-110.
6. Исмаилова Х.Ю., Агаев Т.М., Семенова Т.П. Индивидуальные особенности поведения (моноаминергические механизмы). – Баку: Нурлан, 2007. – 229 с.
7. Калув А.В. Стресс, тревожность и поведение: актуальные проблемы моделирования тревожного поведения у животных. – К.: CSF, 1998. – 98 с.

УДК 634.322:631.559

Киселева Н.С.
Научный руководитель: Николаева А.В., к.б.н., ст. преп.
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет

УРОЖАЙНОСТЬ ЦИТРУСОВЫХ КУЛЬТУР В ОРАНЖЕРЕЙНОМ КОМПЛЕКСЕ ДОНЕЦКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Резюме. В статье представлены результаты исследований урожайности растений сортов *Citrus reticulata* cv. Covano-Vase и cv. Unshiu с 2016 по 2018 год в условиях оранжерей Донецкого ботанического сада. Согласно данным исследования урожайность обоих сортов была максимальной в 2016 году и в последующие годы резко снижалась. Растения сорта cv. Unshiu во все годы исследований характеризовались лучшей урожайностью плодов, чем деревья сорта cv. Covano-Vase. На урожайность влияет правильность выполнения агротехнических мероприятий.

Ключевые слова: урожайность, цитрусовые культуры, Донецкий ботанический сад, показатели температуры, освещенности, влажности.

Введение. На протяжении многих лет человек отбирал из мирового генофонда тропической и субтропической флор наиболее ценные в хозяйственном отношении виды растений [1]. Субтропические и тропические плоды имеют разнообразное использование. Так их широко используют при лечебно-диетическом питании, а население районов, где они произрастают, нередко употребляет их при лечении различных заболеваний. Одними из наиболее популярных культивируемых в разных регионах растений являются представители рода *Citrus*. Плоды апельсина, лимона, грейпфрута, мандарина обладают высокими вкусовыми достоинствами и являются исключительно ценным пищевым и диетическим продуктом: они содержат сахар, минеральные соли, органические кислоты и большое количество витаминов, крайне необходимых для нормального развития и жизнедеятельности человеческого организма [2]. Некоторые из плодов цитрусовых находят применение в фармацевтической практике [3]. Об использовании цитрусовых комнатных растений, обладающих лекарственными свойствами в официальной и народной медицине, сказать можно многое: они выделяют летучие вещества фитонциды, убивающие болезнетворные микробы и используются как лекарственные растения [4]. Поэтому, поместив дома на подоконнике цитрусовое растение, вы получаете не только фабрику кислорода, но и зеленую аптечку[5].

В наше время цитрусовые культуры произрастают в тропическом и субтропическом поясах. Климатические условия нашего региона не подходят для

массового выращивания цитрусовых в открытом грунте. Не смотря на это, данную культуру можно выращивать в закрытом грунте, но для успешного культивирования необходимо изучить динамику урожайности и на основе результатов сделать рекомендации по агротехнике выращивания. В Донецком ботаническом саду коллекционный фонд экспозиции «Хозяйственно - полезные растения тропиков и субтропиков» в данное время составляет 197 таксон. Значительное место в экспозиции составляют виды и культивары рода *Citrus* (L.) (семейство Rutaceae Juss.), что дает возможность получить необходимую информацию.

Объекты и методы исследования

Объектами наших исследований были представители рода – *Citrus reticulata* cv. Covano-Vase и cv. Unshiu растения экспозиции «Хозяйственно-полезные растения» содержащиеся в условиях защищенного грунта оранжерейного комплекса ГУ «Донецкий ботанический сад», где фиксировались на протяжении 3-х лет (2016-2018) температура, освещенность и влажность, при этом отмечались изменения и в урожайности плодовых деревьев. Урожайность определяли путем подсчета плодов на исследуемых деревьях. Мандарин — это вечнозеленое дерево, достигающее в высоту 4 метра. Кора дерева светло-серая, а молодые побеги темно-зеленые. Листья мандарина небольшие, кожистые, заостренные или яйцевидные, не меняющие свой цвет в течение сезона. Каждый листик живет около 4 лет. Цветки мандарина чаще одиночные или собраны парами и расположены в пазухах листьев. Мандарины — обоеполые растения и опыляются собственной пылью, в результате чего образуется множество завязей, и начинают развиваться плоды.

Показатели температуры, освещенности и влажности измерялись три раза в день: в 9:00, 12:00, 15:00. По этим измерениям устанавливали среднедневные показатели исследуемых параметров. Общее количество дней наблюдений $n=2562$. За этот период количество дней без наблюдений (например, в выходные дни) составило в среднем 20% для каждой оранжереи.

Результаты и их обсуждения

Согласно данным исследования растения сорта *Citrus reticulata* cv. Covano-Vase плодов и cv. Unshiu в 2016 году суммарно составило 1159 плодов мандарин (рис.1). Растения сорта cv. Unshiu в 2016 году характеризовались лучшей урожайностью плодов и суммарно составило 681 мандарин, а деревья сорта cv. Covano-Vase – 478 плодов. Данная тенденция сохранилась и в последующих годах. Так, в 2017 и 2018 годах с деревьев сорта cv. Covano-Vase было собрано 61 и 35 плодов, а cv. Unshiu – 96 и 51, соответственно. Таким образом, растения сорта cv. Unshiu в годы исследований характеризовались лучшей урожайностью плодов, чем деревья сорта *Citrus reticulata* cv. Covano –Vase. Суммарно урожайность исследуемых деревьев 2017-ом году составила 157 плодов, а в 2018-ом году – 86. Сравнивая урожайность трех годов можно сказать, что наблюдается резкий спад в количестве плодов из года в год.

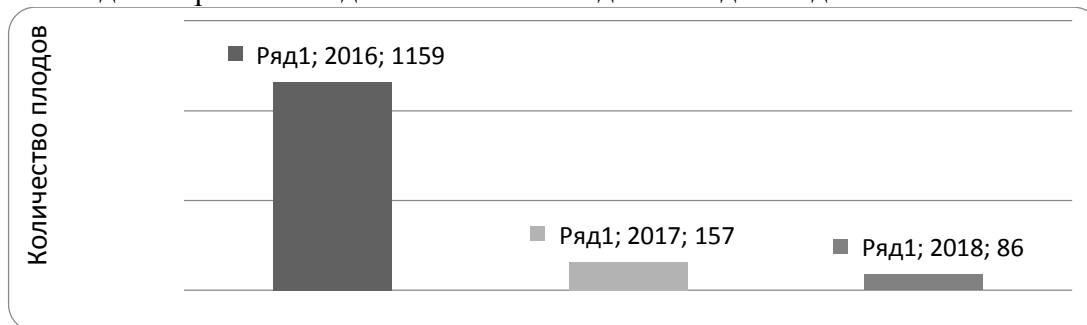


Рисунок 1 – Динамика урожайности плодов *Citrus reticulata* cv. Covano-Vase и cv. Unshiu в условиях оранжерей ГУ «Донецкий ботанический сад» с 2016 по 2018 год

Тенденция к периодичности плодоношения у citrusовых по сравнению с яблоней и грушей выражена в меньшей степени, хотя чередование высоких и низких урожаев нередко наблюдается и на citrusовых плантациях [4]. Считается, что при благоприятных метеорологических условиях и высоком уровне агротехники мандарины способны ежегодно давать высокие урожаи. Вероятно, что полученные результаты связаны с изменениями параметров условий культивирования: влажность, температура и освещенность в исследуемые годы. Поэтому были проведены исследования данных параметров в годы исследований.

Температурные показатели за 2016 год варьировали от min – 18,2 градуса по Цельсию до max 27,0. В течение 2017-го года минимальные температуры были 17, 8 а максимальные - 29, 0 °С. А в 2018 минимальная температура 17,3°С, максимальная температура -30,3°С (рис.2). Сравнивая эти три графика можно сказать, что максимальные температуры за 2016 и год были в августе, а в 2017 году в июне. Минимальные температуры за все года были в декабре.

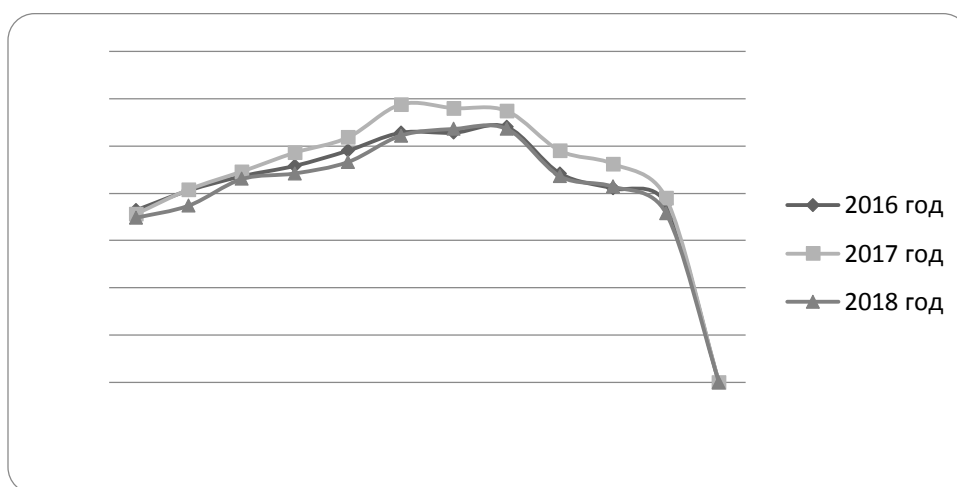


Рисунок 2 – График динамики температур в оранжерее «Хозяйственно-полезные растения» оранжерейного комплекса ГУ «Донецкий ботанический сад» с 2016 по 2018 годы.

Мы можем наблюдать, что максимальные температуры были в 2017 году. Однако сильных отклонений температур одного года от другого не наблюдалось, поэтому не выявлено связи между резким снижением урожайности и температурным фактором.

Цветение в условиях оранжерей наблюдается у сорта cv. Unshiu – апрель-май, а у cv. Sovano-Vase – май-июнь. Лучшая температура для вегетативного роста citrusовых до 16 — 18° тепла. При достаточном дневном свете весной температура от +14° до +17°С только благоприятствует бутонизации, цветению и завязыванию плодов. Дальнейшее увеличение температуры приводит к замедлению роста и частичному опаданию цветов [4]. Поэтому более раннее цветение растений сорта cv. Unshiu, вероятно, связано с лучшей урожайностью, так как в мае – июне уже наблюдаются более высокие температурные показатели во все года исследований.

Citrusовые растения требовательны не только к теплу, но и свету. Степень освещения особенно положительно влияет на фазы развития растений, скорость созревания плодов и интенсивность их окраски. Анализируя графики освещенности, можно сделать выводы, что в исследуемые годы нет достоверных отличий в уровне освещенности (рис.3).

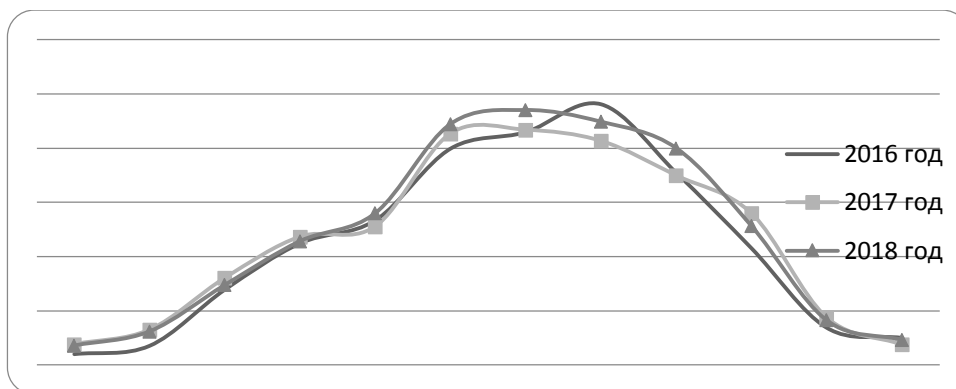


Рисунок 3 – Рисунок 2 – График динамики уровня освещенности в оранжерее «Хозяйственно-полезные растения» оранжерейного комплекса ГУ «Донецкий ботанический сад» с 2016 по 2018 годы.

Значения относительной влажности воздуха за все три года колебались в пределах 78-86% в зимнее время и до 88-94% в летнее. Данные показатели приемлемы для данной культуры, иначе при недостаточной влажности воздуха, концы листьев растений становятся коричневыми, сморщенными, засыхают и опадают бутоны и завязи, также края листьев желтеют и наблюдается листопад. Пагубно может влиять и повышенная влажность воздуха, листья с бутонами могут подгнивать и появляются грибковые болезни. Таким образом, в исследуемые годы не выявлено значительных отклонений в климатических условиях оранжерейного комплекса и они не являются причиной низкой урожайности растений.

Количество закладываемых на растении цветочных почек зависит не только от метеорологических условий года, но и содержания и соотношения питательных веществ в почве, а также применяемой агротехники. Для обильного формирования цветочных почек у цитрусовых необходимо раннее вступление растений в период относительного зимнего покоя при наличии больших запасов питательных веществ. С учетом этого основными способами управления данными процессами являются орошение, удобрение и своевременная обрезка деревьев. В связи с тем, что исследуемые деревья произрастают на экспозиционном участке оранжерей, который выполняет культурно-просветительскую функцию, поэтому в 2016 – 2017 годах сроки обрезки были смещены и не все плоды сняты, что повлияло на урожайность последующих годов. Графики и количество подкормок минеральными удобрениями в исследуемые годы не отличались, и только в 2015 году было внесено больше органических удобрений, что вероятно тоже повлияло на урожайность. Так как цитрусовые культуры по сравнению с другими плодовыми растениями весьма требовательны к удобрениям. Правильная система питания цитрусовых насаждений необходима не только для получения высоких урожаев, но и повышения морозостойкости растений. При этом лучшим видом удобрений на всех почвах является навоз. Навоз и другие органические удобрения содержат в достаточных количествах не только основные элементы питания (азот, фосфор, калий, кальций, серу, магний, железо), но и необходимые для растения микроэлементы, отсутствие которых в почве часто вызывает серьезные заболевания [4].

Выводы

Таким образом, можно сделать следующие выводы: лучшая урожайность исследуемых видов наблюдалась в 2016 году, в дальнейшем показатели резко снижались; растения сорта *Citrus reticulata* cv. Unshiu в годы исследований характеризовались лучшей урожайностью плодов, чем деревья сорта cv. Covano–Vase, что связано с его более ранним цветением в период благоприятных температур; климатические условия оранжерей ГУ «Донецкий ботанический сад» существенно не изменялись с 2016 по 2018 года и не влияют на урожайность деревьев данных сортов;

наряду с условиями для получения хорошего урожая необходимо четко соблюдать агротехнические мероприятия: вовремя осуществлять сбор урожая, обрезку, оздоровительные мероприятия (борьба с заболеваниями, вредителями), а также вовремя и в нужном количестве вносить удобрения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борищук, В.И. Выращивание саженцев лимона в зимних теплицах / В.И.Борищук // Садоводство и виноградарство.- 1988.- № 4.- С.30 – 31.
2. Капцинель М. А. Выращивание цитрусовых культур.– Ростов-на-Дону, 1953. – 77 с.
3. Михайловская М.В., Приходько С.М Сад на подоконнике. - Киев: «Урожай», 1986.-142 с.
4. Гортинский Г. Б., Яковлев Г. П. Целебные растения в комнате. - М.: Высшая школа, 1993. – 157с.
5. Кармишина Н.М. Опыт интродукции тропических и субтропических растений в ботанический сад АН УАССР : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук: спец. 03.00.05- «Ботаника»/ Н. М. Кармишина.-Ташекнт, 1988.-23 с.

УДК 595.789

Ковалёва С.Ю.
Научный руководитель: Савченко Е.Ю., ассистент
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА RHOPALOCERA Г. МАКЕЕВКИ

Резюме. В статье представлены результаты исследований эколого-фаунистической структуры ропалоцеров фауны г. Макеевки, проведенные в 2018 г. Согласно полевым сборам обнаружено 350 особей, относящихся к 39 видам. Максимальное количество особей и видов отловлено на степном участке в пгт. Грузско-Зорянское (30 видов, 103 особи). Сравнение видового состава сообществ чешуекрылых показало наименьшее сходство Макеевского КХЗ с парком «Северный», а наибольшее – лугового и степного участков. В фенологическом комплексе доминируют моновольтинные виды (17). Массовый лет бабочек наблюдается на территории степи в июле.

Ключевые слова: ропалоцеров фауна, видовой состав, индекс Жаккара, сезонная динамика лета.

Введение. Булавоусые (*Rhopalocera*) составляют значительную часть энтомофауны г. Макеевки. Благодаря внешней заметности, большим размерам, быстрой смене поколений чешуекрылые используются в качестве индикаторных объектов при изучении природных условий, а также вносимых в них антропогенных изменений. Кроме того, бабочки являются опылителями цветковых растений, а на стадии гусениц могут выступать в качестве вредителей сельского хозяйства. Антропогенное нарушение экосистем города приводит к снижению количества чешуекрылых, поэтому важна инвентаризация видов для изучения состава ропалоцеров фауны г. Макеевки. Сведения о бабочках Макеевки носили фрагментарный характер до 2015 г. С 2015 по 2018 гг. нами проведено изучение экологии чешуекрылых города, а также составлен систематический список булавоусых, основанный на собственных полевых сборах [1; 2; 3; 4]. В связи с этим целью работы было изучение фауны и биологии булавоусых г. Макеевки, а также выявление их эколого-фаунистических характеристик для формирования представлений о биоразнообразии города.

Материал и методика исследования

В качестве методов исследования нами использованы визуальное наблюдение за булавоусыми, сбор и определение материала.

Материалом для написания работы послужили данные наблюдений и сборов чешуекрылых, проведенных с апреля по ноябрь 2018 г. Для исследования отобрано 5 биотопов г. Макеевки: луг, парк «Северный», окрестности Макеевского коксо-

химического завода (МКХЗ), лесопосадка, степной участок пгт. Грузско-Зорянское (степь).

При сборе материала применяли энтомологический сачок для отлова особей в воздухе. Для отлова булавоусых на земле устанавливали пахучие ловушки с мыльной водой и забродившими фруктами на 4-5 часов. Посещение биотопов проходило в светлое время суток с 10 до 15-16 часов дня. При отлове фиксировали видовую принадлежность, численность и место отлова. Собранных особей для умерщвления переносили в морилку с ацетоном на 1 час. Далее производили высушивание и монтирование бабочек. Расправленный материал определяли до рода при помощи определителя Корба [5].

Для анализа биотопов по сходству видового состава нами был применен индекс Жаккара [6]:

$$K j = \frac{c}{a + b - c} \quad (1)$$

Здесь a – количество видов в первом биотопе, b – количество видов во втором биотопе, c – количество видов, общих для первого и второго биотопов.

Результаты и их обсуждение

1) Численность и видовой состав булавоусых на участках.

В ходе полевых сборов нами отловлено 350 особей из 39 видов булавоусых (таблица 1).

Таблица 1 – Видовой состав булавоусых различных биотопов г. Макеевки

Вид	МКХЗ	Парк «Северный»	Лесопосадка	Луг	Степь
<i>Pyrgus serratulae</i> (Esper, 1780)	-	-	-	2	2
<i>Ochlodes venata</i> (Bremer & Grey, 1853)	3	-	-	2	1
<i>Thymelicus lineola</i> (Ochsenheimer, 1808)	1	2	-	2	3
<i>Pontia edusa</i> (Fabricius, 1777)	-	5	4	2	4
<i>Pieris brassicae</i> (Linnaeus, 1758)	2	-	2	3	3
<i>Pieris napi</i> (Linnaeus, 1758)	-	8	5	4	6
<i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758)	-	3	-	3	-
<i>Leptidea sinapis</i> (Linnaeus, 1758)	2	-	-	-	3
<i>Colias crocea</i> (Fourcroy, 1785)	2	-	-	-	-
<i>Anthocharis cardamines</i> (Linnaeus, 1758)	2	2	-	1	3
<i>Gonepteryx rhamni</i> (Linnaeus, 1758)	6	3	2	7	6
<i>Pararge aegeria</i> Godart, 1821	3	-	1	3	-
<i>Lasiommata maera</i> (Linnaeus, 1758)	-	2	-	-	1
<i>Melanargia galathea</i> (Linnaeus, 1758)	2	-	2	-	2
<i>Vanessa atalanta</i> (Linnaeus, 1758)	1	3	-	3	3
<i>Aglaia urticae</i> (Linnaeus, 1758)	-	1	2	2	1
<i>Nymphalis xanthomelas</i> (Den. et Schiff., 1775)	4	-	-	-	3
<i>Aglaia io</i> (Linnaeus, 1758)	4	3	1	3	9
<i>Cynthia cardui</i> (Linnaeus, 1758)	2	-	8	4	4
<i>Polygonia c-album</i> (Linnaeus, 1758)	2	-	-	2	-
<i>Melitaea cinxia</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	1	-	-
<i>Maniola jurtina</i> (Linnaeus, 1758)	3	6	8	12	14
<i>Issoria lathonia</i> (Linnaeus, 1758)	-	8	5	8	10
<i>Argynnis pandora</i> (Linnaeus, 1758)	3	4	1	2	2
<i>Thecla betulae</i> (Linnaeus, 1758)	-	-	-	3	-
<i>Callophrys rubi</i> (Linnaeus, 1758)	3	2	-	2	4
<i>Saturium w-album</i> (Knoch, 1782)	-	1	-	-	1
<i>Lycaena phlaeas</i> (Linnaeus, 1758)	-	3	-	2	2
<i>Lycaena thersamon</i> Esper, 1779	2	-	-	-	1

<i>Lycaena tityrus</i> Poda, 1761	-	-	-	2	2
<i>Everes argiades</i> (Pallas, 1771)	2	-	-	-	1
<i>Glaucopsyche alexis</i> Poda, 1761	-	-	-	-	3
<i>Plebejus idas</i> (Linnaeus, 1761)	4	1	-	-	2
<i>Polyommatus icarus</i> (Rottemburg, 1775)	-	2	2	1	2
<i>Polyommatus coridon</i> (Poda, 1761)	2	-	-	-	-
<i>Polyommatus bellargus</i> (Rottemburg, 1775)	-	3	-	-	-
<i>Polyommatus amandus</i> (Schneider, 1792)	-	-	3	1	-
<i>Polyommatus thersites</i> (Cantener, 1835)	-	-	-	1	2
<i>Polyommatus daphnis</i> (Den. et Schiff., 1775)	3	-	1	2	3

Максимальные показатели видового богатства и численности отмечены на степном участке (30 видов, 103 особи). По сравнению с ним, наибольшее число видов и особей отловлено на лугу (26 видов, 79 особей), а минимальные показатели представлены на территории лесопосадки (16 видов, 48 особей). Биотопическое расселение видов представлено на рисунке 1.

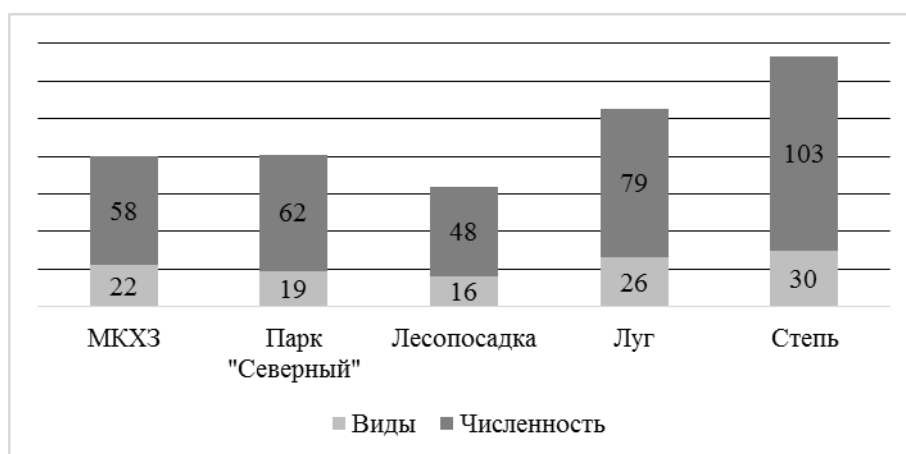


Рисунок 1 – Численность и видовое богатство исследуемых биотопов

Доминирующее количество видов в составе булавоусых г. Макеевки имеет семейство *Lycaenidae* (15 видов) (рисунок 2). Наименьшим количеством видов представлено семейство *Hesperiidae* (3 вида).

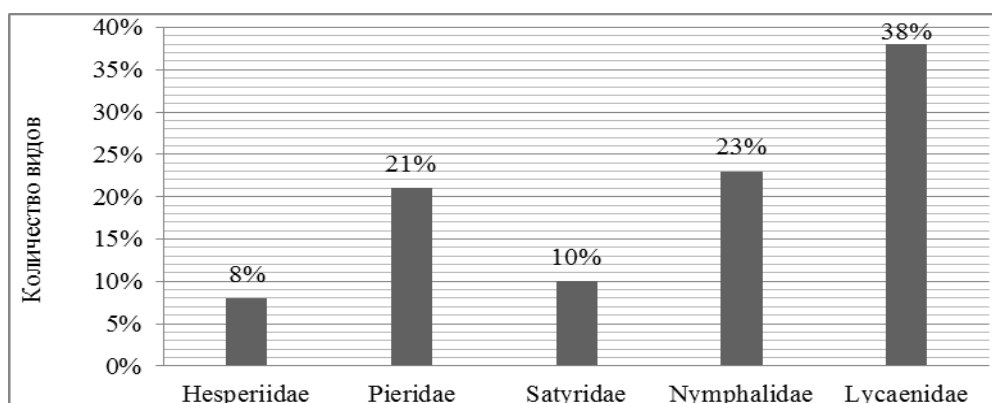


Рисунок 2 – Процентное соотношение видов булавоусых по семействам

2) Анализ фаунистического сходства сообществ булавоусых.

Полученные данные сравнения видового состава сообществ чешуекрылых по биотопам приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сходство сообществ по видовому богатству

	МКХЗ	Парк «Северный»	Лесопосадка	Луг	Степь
МКХЗ	22	0,28	0,31	0,41	0,53
Парк «Северный»	9	19	0,35	0,5	0,53
Лесопосадка	9	9	16	0,5	0,4
Луг	14	15	14	26	0,6
Степь	18	17	13	21	30

Примечание – В верхней правой части таблицы – значение индекса, в нижней левой части – общее число видов для сравниваемых биотопов, по диагонали – количество видов в биотопе.

Проведенный анализ показал, что наибольшее сходство в видовом составе имеют степной и луговой участки (0,6), а наименьшее – МКХЗ и парк «Северный» (0,28).

3) Фенологический анализ.

Изучение фенологической структуры фауны чешуекрылых г. Макеевки показало наличие 3-х составляющих фенологического комплекса [7]: моновольтинных (развивается одна генерация в год), бивольтинных и поливольтинных видов (две и более двух генераций в год соответственно). Доминирующей группой бабочек Макеевки являются моновольтинные виды (43,6%), в двух генерациях развиваются 41% видов, остаток же составляют поливольтинные особи (15,4%).

4) Анализ динамики лета булавоусых.

Температурный режим важен для лета насекомых, поэтому чешуекрылые коррелируют в своем развитии с теплыми температурами. Массовый лет особей начинается со второй декады июля и достигает максимума в августе (111 особей). С понижением температуры воздуха лет начинает снижаться и достигает минимума в ноябре (7 особей). Анализ динамики лета чешуекрылых представлен на рисунке 3.

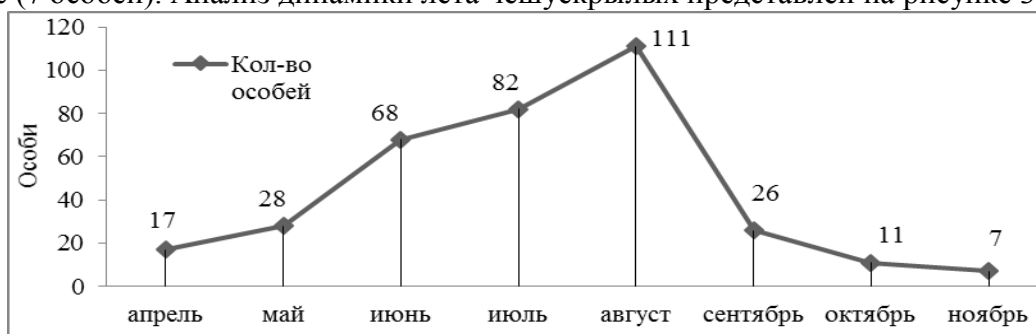


Рисунок 3 – Сезонная периодичность лета ропалопера г. Макеевки

Анализируя динамику лета булавоусых на исследуемых биотопах (рисунок 4), отмечено наибольшее количество особей в июле на степном участке (35 экземпляров).

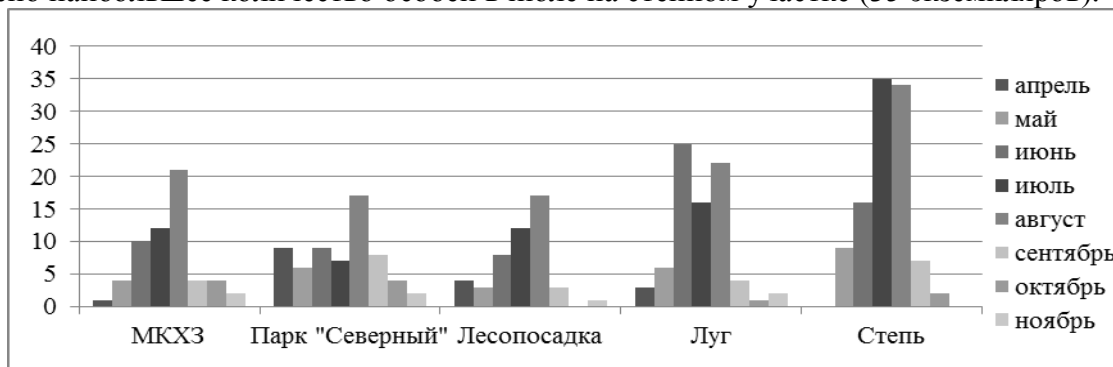


Рисунок 4 – Сезонная динамика лета булавоусых по биотопам

Выводы

Таким образом, можно сделать следующие выводы об экологической структуре ропалоцерафауны биотопов г. Макеевки:

1. Фауна булавоусых города представлена 39 видами, относящихся к 2 надсемействам, 5 семействам, 31 роду.
2. Максимальные показатели видового богатства и численности отмечены на степном участке пгт. Грузско-Зорянское. Лесопосадка характеризуется наименьшими показателями численности и видового богатства (16 видов, 48 особей).
3. Согласно индексу видового сходства структура степного и лугового участков г. Макеевки имеет наибольшее сходство, а МКХЗ и парк «Северный» – наименьшее.
4. Проведен фенологический анализ ропалоцера Макеевки. Наиболее массовыми являются моновольтинные виды, которые составляют 43,6% фауны булавоусых города.
5. Согласно сезонной периодичности лета максимальное число особей отмечено в августе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковалева С.Ю. Эколого-фаунистический обзор дневных булавоусых (Lepidoptera: Rhopalocera) промышленного города на примере г. Макеевки // Актуальные проблемы наук о Земле: сборник трудов II научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием / Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2016. – С. 358-359.
2. Ковалева, С.Ю. Фауна и экология дневных булавоусых (Lepidoptera: Rhopalocera) промышленного города на примере г. Макеевки // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно- образовательного и культурного развития Донбасса: Материалы Международной научной конференции студентов и молодых ученых (Донецк, 17-20 октября 2017 г.) [Текст] / С.Ю. Ковалева. – Том 2: Химико- биологические науки / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2017. – С. 132–134.
3. Ковалёва С.Ю., Савченко Е.Ю. Экологические особенности ропалоцерафауны (Lepidoptera: Rhopalocera) г. Макеевки // «Проблемы и перспективы современной науки» (межотраслевая) // Материалы научно- практическая конференция с международным участием. – Луганск: Изд-во ЛНАУ, 2017. – С. 510-512.
4. Ковалева, С.Ю. Исследование фауны булавоусых чешуекрылых г. Макеевки // Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы III Международной научной конференции (Донецк, 25 октября 2018 г.) [Текст] / С.Ю. Ковалева. – Том 2: Химико-биологические науки / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2018. – С. 234–236.
5. Корб С.К. Каталог булавоусых чешуекрылых (Lepidopera: Papilionoformes) бывшего СССР: научное издание / С.К. Корб, Л.В. Большаков. – Тула: [б. и.], 2011. – 123 с. – (Эверсмания; отдельный выпуск 2).
6. Jaccard P. Distribution de la flore alpine dans le Bassin des Dranses et dans quelques regions voisines // Bulletin de la Société Vaudoise des sci. Naturelles. – 1901. – V. 37. – Bd. 140. – S. 241-272.
7. Яновский С.А. Программа организации и ведения фенологических наблюдений: Методическое пособие. – М.: Экосистема, 1996. – 29 с.

УДК 581.5 : 674.031.623.234 (477.60)

Онищук Н.А.

**Научный руководитель: Сафонов А.И., к.б.н.
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет**

ВАРИАТИВНОСТЬ АРХИТЕКТониКИ СОЦВЕТИЙ ВИДОВ РОДА *POPULUS* L. В Г. ЕНИКИЕВО

Резюме. Представлены результаты структурно-функционального анализа особенностей строения мужских соцветий видов тополей, представленных в городской среде крупного промышленного центра Донбасса –

г. Енакиево. Выделены критерии фитоиндикационной значимости в строении соцветий для проведения экспресс-скрининга мониторингового назначения в диагностике экотопов промышленно трансформированного региона.

Ключевые слова: фитоиндикация, г. Енакиево, экологический мониторинг, *Populus L.*

Порода древесных растений – виды, гибриды и сорта *Populus L.* – представляет интерес для современной науки и практики [1-2]. Помимо технологических особенностей выращивания быстрорастущих древесных пород в городских условиях [3-4] изучают и значение растений для проведения фитоиндикационной экспертизы, что является важной частью научных программ по экологическому мониторингу в Донецком экономическом регионе [5-13]. В таком аспекте важны и исследования по асимметрическому полиморфизму [14], и правильность методики проведения полевого эксперимента, отбора проб и анализа результатов [15].

Цель работы – дать анализ морфотипической изменчивости мужских генеративных органов макро- и микросоцветий двух видов рода *Populus L.* (*Populus nigra L.* и *Populus alba L.*) в разных экотопах г. Енакиево для проверки информативности использования этих показателей в экологическом мониторинге урбаноcреды.

Эксперимент по сбору материала реализован в период цветения мужских особей *P. nigra* и *P. alba* в экотопах различной классификационной принадлежности и целевого использования: 1) типичные промышленные зоны и полностью трансформированные участки, 2) экотопы путей сообщения, 3) культурфитоценозы, 4) породные отвалы, 5) участки с минимизированным воздействием человеческого фактора для всей обследованной местности в г. Енакиево. Для отбора проб использовали метод случайного выбора упавших соцветий в объеме выборки не меньше 200 с каждой пробной площадки.

Как мужские, так и женские соцветия *Populus L.* сложные, состоящие из сильно редуцированных дихазиев – что является макросистематическим признаком; первичные брактей главной оси всего соцветия расположены спирально, и в пазухе каждой брактей сидит по одному теоретически 3-цветковому дихазию (в норме). Ось дихазия (вторичная ось) несет пару вторичных брактей и заканчивается цветком (средний цветок дихазия), а из пазух двух вторичных брактей выходят третичные оси, заканчивающиеся цветками (боковыми цветками дихазия), подпираемыми парой третичных брактей (брактеолей).

Установлено, что средний цветок дихазия, однако, часто отсутствует, реже отсутствуют боковые цветки и имеется лишь один средний цветок (нами была отмечена зависимость, что первый случай чаще (на 26% зарегистрирован в местах интенсивной промышленной деятельности металлургического типа, второй – в местах интенсивного движения автотранспорта – в 15% случаев); мужские соцветия из 3-цветковых дихазиев; женское соцветие, как правило, состоит из 3-цветковых дихазиев. Мужские цветки, приросшие к первичной брактей дихазия. Чашечка очень сильно редуцирована и часто полностью подавлена (дифференциации по этому признаку в рамках сравнения для заложенной мониторинговой сетки не обнаружено, т.е. этот признак не является индикаторно-информативным).

Тычинок в одном цветке 4, в микросоцветии – 12 (16) (анализ данных показывает, что количество тычинок не является информативным признаком для экологического мониторинга, а вот процентное соотношения сформированных пыльников – на 96 % коррелирует со степенью нагрузки на среду по показателю загруженности автомобильным транспортом), пыльники вскрываются продольно.

Варианты строения мужских микросоцветий: 1) норма; 2) частичная петализация тычинок правого цветка (15%); 3) полная петализация тычинок правого цветка (11%); 4) элиминация правого цветка и полимеризация андроеца левого цветка; смещение оси микросоцветия влево (18%).

Таким образом, в генеративных структурах видов рода *Populus L.* отмечены некоторые закономерности появления асимметричности, что может рассматриваться как

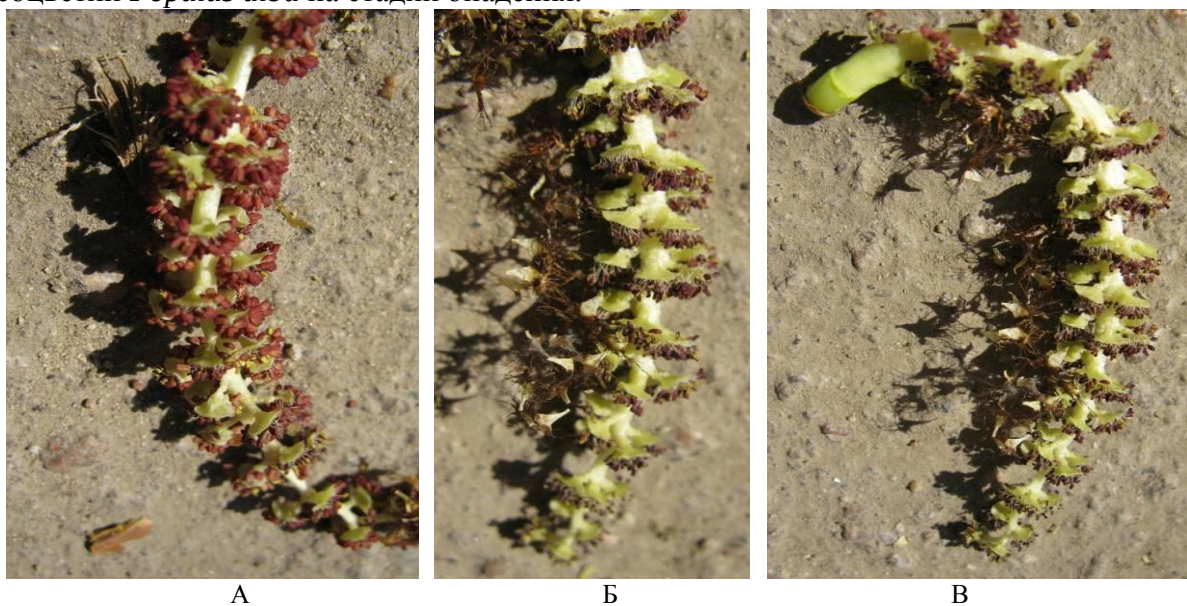
информативный индикаторный признак в проведении экологического мониторинга в условиях городской среды.

Вариативность общего строения соцветий *Populus nigra* L. показана на рис. 1. Установлено, что длина соцветия соответствует более комфортным условиям произрастания вида, – в целом показатель сопряжен с гидронасыщением почвенных горизонтов.



Рис. 1 – Разнообразие строения соцветий *Populus nigra* L. в экотопах г. Енакиево

Отдельно рассматривали вопрос загнутой оси макросоцветия *Populus alba*. Наши наблюдения подтверждают, что такая морфологическая особенность характерна только для двух опытных участков на территории промышленных зон – промышленных предприятий, что, вероятно, сопряжено с высоким уровнем антропогенной нагрузки и является индикатором не только повышенного токсического фона, а и недопустимых уровней воздействия на окружающую среду. Рис. 2 содержит варианты строения соцветий *Populus alba* на стадии опадения.



А

Б

В



Рис. 2 – Разнообразие строения соцветий *Populus alba* L. в экотопах г. Енакиево (А-Ж – пояснения в тексте)

Отмечено, что соцветия максимально натурализованных экотопов в большей степени успевают осуществить выброс спелой пыльцы до опадения всего соцветия (рис. 2, Ж), тогда как, чем существеннее отмечен уровень токсического воздействия промышленных объектов (рис. 2, А, В, Г) или транспорта (рис. 2, Б, Д, Е), тем опадение всего макросоцветия осуществляется ранее и пыльца не успевает созреть в несформировавшихся пыльниках. Отмечены также различия для макросоцветий. Эти исследования требуют коррелятивного анализа с факторами окружающей среды, что является задачей наших дальнейших исследований.

Таким образом, установлено, что виды *Populus nigra* L. и *Populus alba* L. в экотопах г. Енакиево формируют мужские соцветия с высоким уровнем вариативной морфоструктуры, что может быть использовано для проведения мониторинговых исследований по оценке качества среды в первую очередь в диагностике экотопов по фитопригодности среды для выращивания дендрологических интродуцентов в промышленно напряженном регионе – на примере экотопов г. Енакиево – высоко развитого промышленного узла Донбасса.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы «Функциональная ботаника: экологический мониторинг, ресурсные технологии, фитодизайн» № 0117D000192 и инициативной темы «Диагностика природных и трансформированных экотопов по состоянию фитокомпонентов» с государственной регистрацией № 0118D000017.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климов А. В., Прошкин Б. В. Морфологическая идентификация естественных гибридов *P. nigra* × *P. laurifolia* в пойме реки Томи // Сибирский лесной журнал. – 2016. – № 5. – С. 34-47.
2. Климов А. В., Прошкин Б. В. Морфотипическое разнообразие в популяциях *Populus nigra* L., *P. laurifolia* Ledeb. и *P. × jrtyschensis* Ch. Y. Yang. в зоне естественной гибридизации // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2017. – № 39. – С. 58-72.
3. Уфимцева М. Д. Фитоиндикация экологического состояния урбогеосистем Санкт-Петербурга / М. Д. Уфимцева, Н. В. Терехина. - СПб.: Наука, 2005. - 339 с.
4. Кулагин Ю. З. Древесные растения и промышленная среда / Ю. З. Кулагин. – М.: Наука, 1974. – 156 с.

5. Сафонов А. И. Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанофлоры г. Донецка (1998-2018 гг.) / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2018. – № 3–4. – С. 67-72.
6. Сафонов А. И. Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 1–2. – С. 18-24.
7. Сафонов А. И. Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 3–4. – С. 23-29.
8. Сафонов А. И. Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса / А. И. Сафонов // Зеленый журнал – бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. – 2017. – Вып. 3. – С. 6-14.
9. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе : экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 1–2. – С. 8-14.
10. Калинина А. В. Фитоиндикационный мониторинг на отвалах угольных шахт г. Макеевки, - внедрение данных в образовательную программу / А. В. Калинина, А. И. Сафонов // "Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса", Международная научная конференция студентов и молодых ученых (2017 ; Донецк) : материалы конференции : 17-20 октября 2017 г. : в 7 т. Химико-биологические науки. - Донецк, 2017. - Т. 2. - С. 80-82.
11. Сафонов А. И. Формирование фитоиндикаторных программ в Донбассе на основе научных школ России / А. И. Сафонов, А. З. Глухов // "Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса", Международная научная конференция студентов и молодых ученых : материалы конференции : 17-20 октября 2017 г. : в 7 т. Химико-биологические науки. - Донецк, 2017. - Т. 2. - С. 17-19.
12. Шульгина Н. С. Оценка антропогенной нагрузки на экотопы по данным структурного фитоиндикатора / Н. С. Шульгина, А. И. Сафонов // "Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса", Международная научная конференция студентов и молодых ученых (2017 ; Донецк) : материалы конференции : 17-20 октября 2017 г. : в 7 т. Химико-биологические науки. - Донецк, 2017. - Т. 2. - С. 127-128.
13. Сафонов А. И. Стратегическая потенциализация фитоиндикаторов техногенных загрязнений // Аграрная Россия. – 2009. – № 51. – С. 58-59.
14. Klingenberg C. P., Baluenga M., Meyer A. Shape analysis structures: quantifying variation among individuals and symmetry // *Evolution*. – № 52 (10). – 2002. – P. 1909-1920.
15. Оценка жизнеспособности деревьев и правила их отбора и назначения к рубке и пересадке / под ред. Е. Г. Мозолевской. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. – 40 с.

УДК 581.5 : 581.3 : 582.32/998 : 582.73

Пчеленко О.В.

**Научный руководитель: Сафонов А.И., к.б.н.
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет**

СОСТОЯНИЕ СЕМЯЗАЧАТКОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СОРНО- РУДЕРАЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ ЭКОТОПОВ Г. ДОНЕЦКА

Резюме. Представлены результаты структурной организации семязачатка видов *Securigera varia* (L.) Lassen и *Echium vulgare* L. в условиях формирования разных экотопов города Донецка. Выделена описательная разница и получены визуализированные фото-доказательства основных структурных отличий сорно-рудеральных видов г. Донецка.

Ключевые слова: г. Донецк, семязачаток, экотоп, зародыш, абберантные семязачатки

Семязачаток – орган (часть генеративной структуры) семенного растения, в котором происходят мегаспорогенез, формирование женского гометофита и процесс оплодотворения и из которого в результате сложных трансформаций образуется семя.

Изучение семязачатков актуально в связи с необходимостью выявления механизмов воздействия внешних неблагоприятных факторов на репродуктивные структуры растения и в аспекте общей проблемы сохранения биологического разнообразия. Последовательная трансформация репродуктивных структур, собственно и являющаяся предметом эмбриологии растений, позволяет, наряду со знанием морфологии и анатомии, судить о филогенетических связях и путях эволюции [1-2].

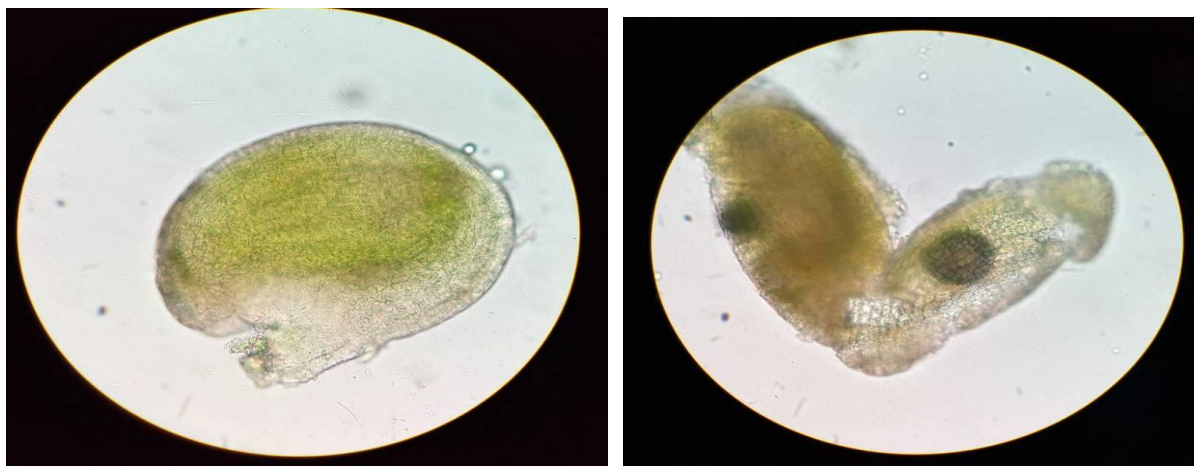
Признаки репродуктивных органов, прежде всего данные об особенностях строения семязачатка, используются в качестве надежных критериев при выяснении дискуссионных вопросов систематики, экологии, филогении и эволюции цветковых растений. Структуры семязачатка, а также процессы их становления устойчивы, консервативны, мало зависят от изменений среды, а значит, особенно важны для целей систематики [2], однако выявление закономерностей трансформации эмбриональных структур представляет собой научный и прикладной интерес в рамках проводимого экологического фитомониторинга в Донбассе [3-8]. Ранее были проведены исследования по выявлению адаптационных значимостей растений в промышленном регионе и выделены критерии их эстетичности в антропогенно трансформированной среде [9-10].

Цель – рассмотреть семязачатки некоторых видов сорно-рудеральных растений природной флоры, произрастающих в различных экотопах, установить существует ли зависимость образования и строения семязачатков от местопроизрастания.

Для исследования использовали методы: маршрутный, визуальной оценки, микроскопический, обобщения, сравнения. Материалами для исследований послужили витальные образцы растений и микрофотографии.

Объектом исследования послужили сорно-рудеральные элементы флоры антропогенно измененных экотопов города Донецка. На основе классификации типов промышленных и селитебных экотопов, выделенных учёными Донецкого ботанического сада [7], выбраны точки, по которым собран растительный материал: экотопы с полностью преобразованными эдафотопами, селитебные, экотопы путей сообщения, культурфитоценозы. Все растения собраны в одну фенофазу и имели приблизительно одинаковое количество цветков на особи. Изучение строения семязачатков и развивающихся семян производили непосредственно на свежих тканях, не прибегая к изготовлению микротомных срезов. В ходе работы нами были выделены семязачатки растений, произрастающих в различных экотопах и рассмотрены под световым микроскопом при увеличении $40 \times 0,65$ и $10 \times 0,25$. Окрашивание препаратов не проводили, так как в этом не было необходимости, микроструктуры видны без окрашивания.

Сравнивая строение семязачатков *Securigera varia* (L.) Lassen, произрастающего в различных экотопах: обнаружены семязачатки анатропной формы. Клетки хорошо дифференцированы, видны наружный и внутренний интегументы, нуцеллус, фуникулус, внутри заметен зародыш семени (рис. 1А). Также для семязачатков *Securigera varia* (L.) Lassen выявлены и тератные формы (рис. 1Б)



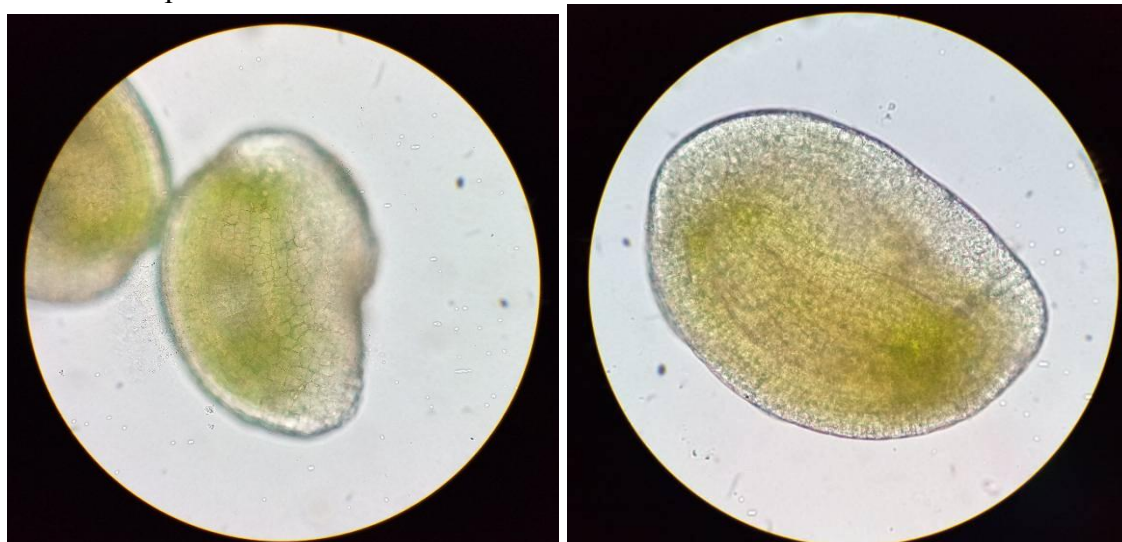
А)

Б)

Рисунок 1 – *Securigera varia* (L.) Lassen, произрастающий в степной зоне.

А – нормальная форма; Б – тератоморф.

На рисунке 2 представлены семязачатки *Securigera varia* (L.) Lassen, произрастающего в селитебных и экотопах путей сообщения. Семязачатки развитые, анатропной формы, полностью видны отдельные клетки и зародыш семени. Археспориальные клетки и археспориальная ткань полностью сформированы. Отклонений в развитии не наблюдается.



А)

Б)

Рисунок 2 – *Securigera varia* (L.) Lassen, произрастающий:

А – на трамвайных путях; Б – в плотной жилой застройке.

Также нами были рассмотрены семязачатки *Echium vulgare* L., собранного в селитебных и собственно техногенных экотопах. У экземпляров, собранных на отвале угольной шахты, различные ткани хорошо дифференцированы, семязачатки развиты, имеют зародыш достаточно крупного размера. На рисунке 3А хорошо видны ткани, оболочки, зародыш и отдельные клетки. Также наблюдали и недоразвитые семязачатки. В отличие от развитых, они не имеют зародыша, гораздо меньшего размера, слабодифференцированы (рис. 3Б)

У экземпляров *Echium vulgare* L., произрастающих в районах жилой застройки, семязачатки развиваются быстрее, так как у них наблюдалось уже полноценно сформированное и развитое семя, с легкостью отделяющееся от окружающих тканей (рис. 3В,Г)

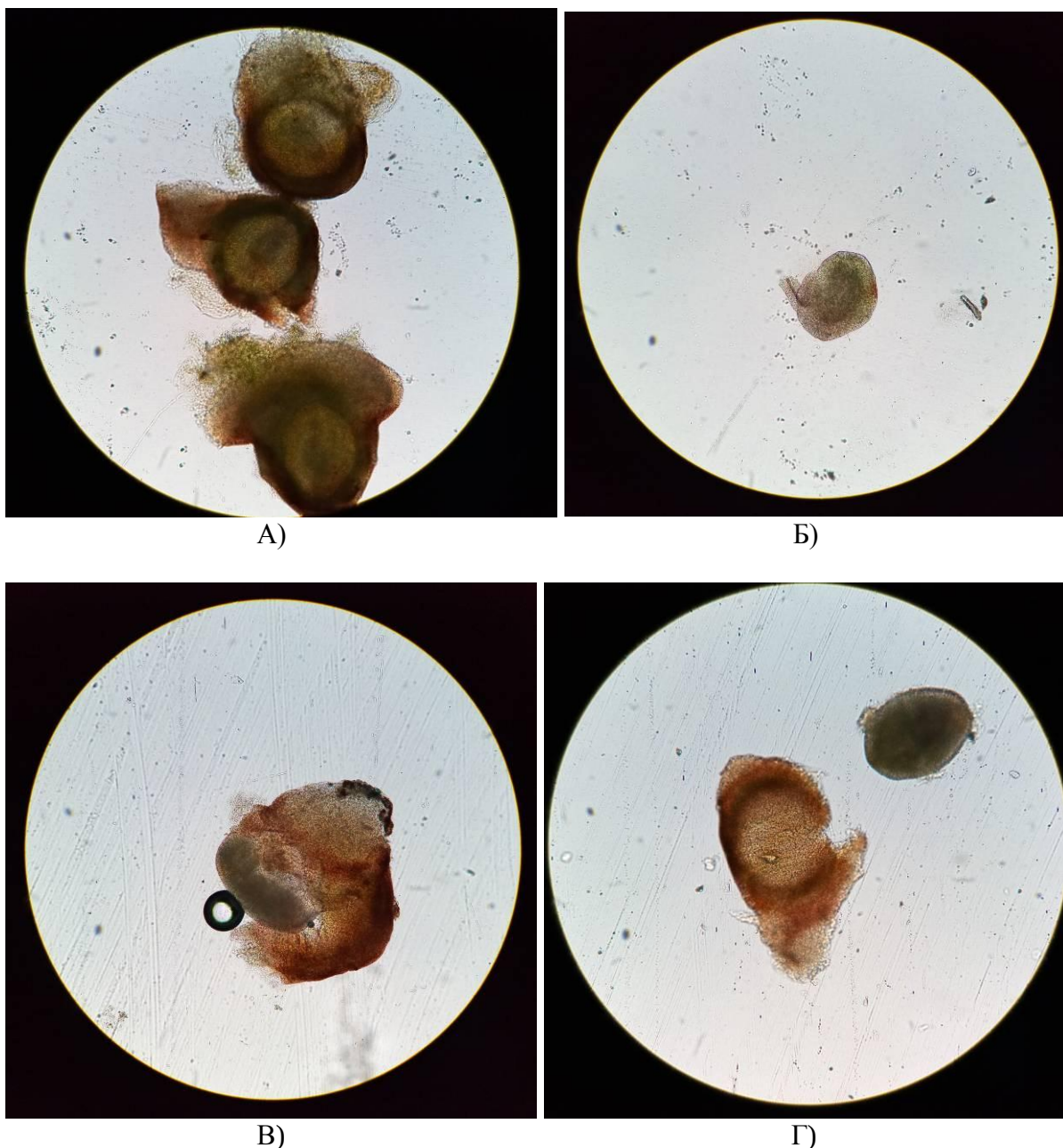


Рисунок 3 – *Echium vulgare* L. А) развитый семязачаток с зародышем; Б) абберантный семязачаток; В,Г) развитое семя отделяется от окружающих тканей

Аномалии в ходе развития семязачатка могут быть вызваны различными причинами: морфологическими, генетическими, физиологическими, экологическими, антропогенными. Также при недостаточном количестве пыльцы во время цветения образуется много абберантных семязачатков и семян. Наличие абберантных семязачатков в завязи приводит к уменьшению реальной семенной продуктивности.

Семязачатки с отклонениями могут дегенерировать полностью в процессе развития, либо сохраниться и превратиться в семена, отличающиеся от нормальных по форме, размеру, окраске и внутреннему строению [2], что важно для дальнейшего изучения характера проявления этого явления в промышленном регионе и как фитоиндикационный параметр, и как фундаментальное явление в экологии растений.

В перспективе необходимо доказать статистическую разницу в строении конформационных тканей семязачатка и провести корреляционный анализ с факторами неспецифического и специфического стресса в нарушенных локалитетах по изученным видам растений.

Таким образом, были рассмотрены семязачатки некоторых видов сорно-рудеральных растений, произрастающих в различных экотопах г. Донецка. Обнаружено, что у растений районов жилой застройки и культурфитоценозах семя развивается быстрее, чем у экземпляров, произрастающих на отвалах угольных шахт. Также на этих экотопах были обнаружены недоразвитые семязачатки. Феномен образования абберантных семязачатков имеет всеобщий характер и связан с адаптацией к расселению и местопроизрастанию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батыгина Т.Б., Брагина Е.А. Вивипария // Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 3. Системы репродукции / ред. Т.Б.Батыгина. СПб: Мир и семья, 2000. – С. 39-62.
2. Шамров И. И. Семязачаток цветковых растений: строение, функции, происхождение / Под редакцией Т. Б. Батыгиной. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 350 с.
3. Сафонов А. И. Чек-лист индикаторных признаков сорно-рудеральной фракции урбанofлоры г. Донецка (1998-2018 гг.) / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2018. – № 3–4. – С. 67-72.
4. Сафонов А. И. Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 3–4. – С. 23-29.
5. Сафонов А. И. Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса / А. И. Сафонов // Зеленый журнал – бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. – 2017. – Вып. 3. – С. 6-14.
6. Сафонов А. И. Функциональная ботаника в Донбассе : экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 1–2. – С. 8-14.
7. Глухов А. З., Хархота А. И., Назаренко А. С., Лиханов А. Ф. Тератогенез растений / Донецкий ботанический сад. – Донецк: Норд Пресс, 2005. – 179 с.
8. Калинина А. В. Фитоиндикационный мониторинг на отвалах угольных шахт г. Макеевки, - внедрение данных в образовательную программу / А. В. Калинина, А. И. Сафонов // "Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса", Международная научная конференция студентов и молодых ученых (2017 ; Донецк) : материалы конференции : 17-20 октября 2017 г. : в 7 т. Химико-биологические науки. - Донецк, 2017. - Т. 2. - С. 80-82.
9. Пчеленко О. В. Первичная оценка эстетической ценности видов природной флоры в антропогенно нарушенной среде / О. В. Пчеленко, А. И. Сафонов // "Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса", Международная научная конференция студентов и молодых ученых (2017 ; Донецк). – 17-20 октября 2017 г. : в 7 т. Химико-биологические науки. - Донецк, 2017. - Т. 2. - С. 109-110.
10. Пчеленко О.В. Эстетическая ценность некоторых видов природной флоры в антропогенно нарушенной среде // Вестник СНО ДонГУ, Донецк: ДонГУ. – 2018. – С. 193-199.

УДК 595.789

Токарь А.И.
Научный руководитель: Савченко Е.Ю., ассистент
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ НАСЕКОМЫХ-НЕКРОБИОНТОВ ГОРОДА ДОНЕЦКА

Резюме. В статье показаны результаты исследований эколого-фаунистической структуры некробионтной энтомофауны г. Донецка, проведенные за 2016 и 2017 года. В ходе проведения работы было обнаружено

682 экземпляра, относящихся к 28 видам. Доминирующие семейства за время сборов – Мертвоеды (8 видов, 213 экз.), Карапузики (8 видов, 117 экз.), Кожееды (5 видов, 107 экз.) и Стафилиниды (2 вида, 105 экз.). Сравнение видового состава сообществ некробионтов по пищевым субстратам показало наибольшее разнообразие на трупах кроликов (13 видов).

Ключевые слова: некробионтная энтомофауна, видовое разнообразие, доминантные группировки.

Введение. Экосистема пребывает в постоянном движении и ей присуще одно из таких универсальных качеств, как самоочищение, в котором принимают участие организмы различной пищевой специализации (некрофаги, сапрофаги, копрофаги, т.д.). Тематика нашей работы посвящена некробионтной энтомофауне, так как именно она оказывает колоссальное влияние на разложение органики и принимает не последнее участие в круговороте веществ в биосфере. Изучение видового состава некробионтов и их активности необходимо для полного анализа функции самоочистки и общего состояния окружающей среды [1, 2].

Целью проведения опыта было определение структуры и видового разнообразия комплекса насекомых-некробионтов с последующим установлением доминантных групп в зависимости от исследуемых пищевых субстратов. Основой для написания работы послужили собственные сборы, проводимые на территории города Донецка в июне–августе 2016 и 2017 годов [5].

Материал и методика исследования

Сбор насекомых-некробионтов проводили обычными способами, а именно при помощи ручного сбора и пинцетом непосредственно с исследуемого субстрата. Для проведения опыта нами были использованы приманки различных трупов позвоночных животных: рыбы, лягушки, ящерицы, голубя, кролика, лабораторных мышей. Непосредственно перед началом проведения работы место, где располагались объекты, очищали от растительности, а в центр расчищенной площадки (1м²) помещали труп животного [2].

В течение нескольких дней с разложенных приманок один раз в сутки, в чётко фиксированное время снимали всех обнаруженных насекомых. Проводя сбор энтомофауны, сначала осматривали тело животного, после чего, отодвинув труп, собирали некробионтов под объектами. Кроме того, лопаткой разрыхляли землю под материалом на глубину 10–15 см и выбирали всех найденных насекомых. У каждого исследуемого участка дополнительно устанавливались ловушки Барбера, используемые для фиксирования посещаемой энтомофауны.

Результаты и их обсуждение

В ходе проведения исследования нами было собрано 682 экземпляра насекомых, относящихся к следующим отрядам: Coleoptera, Diptera, Hymenoptera и Hemiptera. Суммарный показатель численности факультативных и случайных некробионтов, к которым можно отнести, соответственно, перепончатокрылых и полужесткокрылых, не превышал 4%. Количественный учёт представителей отряда двукрылые составил 9,8% от общего числа собранного материала некробионтной энтомофауны. Наиболее многочисленным отрядом, как в численном, так и в видовом отношении оказался отряд жесткокрылых, удельная доля которого составила более 86%.

В общей сложности, в собранном за время исследования материале фауна жуков-некробионтов Донецка включает 28 видов, что относятся к 6 семействам: мертвоеды (Silphidae), стафилиниды (Staphylinidae), кожееды (Dermestidae), жужелицы (Carabidae), пластинчатоусые (Scarabaeidae), карапузики (Histeridae), и принадлежат 13 родам: *Nicrophorus* (Fabricius, 1775), *Silpha* (Linnaeus, 1758), *Thanatophilus* (Leach, 1815), *Creophilus* (Samouelle, 1819), *Staphylinus* (Linnaeus, 1758), *Dermestes* (Linnaeus, 1758), *Broscus* (Panzer, 1813), *Harpalus* (Latreille, 1802), *Ophonus* (Dejean, 1821), *Zabrus* (Clairville, 1806), *Onthophagus* (Latreille, 1802), *Saprinus* (Erichson, 1834), *Hister* (Linnaeus, 1758) (таблица 1) [3].

Таблица 1 – Видовой состав некробионтной энтомофауны на разных пищевых субстратах

Видовой состав	Кролик	Голубь	Лягушки	Рыба	Лаб. мыши
Семейство Мертвоеды – Silphidae					
<i>Nicrophorus interruptus</i> (Stephens, 1830)	–	–	–	2	–
<i>Nicrophorus vespillo</i> (Linnaeus, 1758)	–	1	–	–	–
<i>Silpha carinata</i> (Herbst, 1783)	–	–	–	2	1
<i>Silpha obscura</i> (Brulle, 1832)	2	–	–	48	6
<i>Thanatophilus dispar</i> (Herbst, 1793)	3	–	–	2	–
<i>Thanatophilus rugosus</i> (Linnaeus, 1758)	5	5	–	43	3
<i>Thanatophilus sinuatus</i> (Fabricius, 1775)	13	3	–	45	9
<i>Thanatophilus terminatus</i> (Hummel, 1825)	–	–	–	3	–
Семейство Кожееды – Dermestidae					
<i>Dermestes fasciventris</i> (Reitt, 1875)	–	–	–	3	6
<i>Dermestes frischeri</i> (Kugelann, 1792)	3	1	–	–	–
<i>Dermestes lanarius</i> (Illiger, 1801)	–	–	–	11	1
<i>Dermestes murinus</i> (Linnaeus, 1758)	13	12	5	–	–
<i>Dermestes undulatus</i> (Brahm, 1790)	–	–	–	21	14
Семейство Карапузики – Histeridae					
<i>Hister bisextriatus</i> (Fabricius, 1801)	–	–	–	8	–
<i>Hister impressus</i> (Fabricius, 1798)	3	–	–	–	–
<i>Saprinus aeneus</i> (Fabricius, 1775)	65	–	–	2	2
<i>Saprinus cribellatus</i> (Marseul, 1855)	1	–	–	–	–
<i>Saprinus immundus</i> (Gyllenhal, 1827)	–	21	–	–	–
<i>Saprinus lateralis</i> (Motschulsky, 1849)	–	–	–	4	–
<i>Saprinus maculatus</i> (Rossi, 1792)	1	–	–	–	–
<i>Saprinus subvirescens</i> (Menetries, 1832)	2	1	–	–	–
Семейство Стафилиниды – Staphylinidae					
<i>Creophilus maxillosus</i> (Linnaeus, 1758)	2	1	–	–	–
<i>Staphylinus caesareus</i> (Cederhjelm, 1798)	–	–	–	7	4
<i>Staphylinidae</i>	44	5	1	37	3
Семейство Жужелицы – Carabidae					
<i>Broscus cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)	5	–	–	–	–
<i>Ophonus azureus</i> (Fabricius, 1775)	–	–	–	1	–
<i>Zabrus tenebrioides</i> (Goeze, 1777)	1	–	–	–	–
<i>Harpalus</i>	2	–	–	–	–
<i>Carabidae</i>	–	–	–	8	–
Семейство Пластинчатолусы, Жуки – Scarabaeidae					
<i>Onthophagus atrox</i> (Harold, 1867)	–	–	4	–	–
<i>Scarabaeidae</i>	–	1	10	13	3
Отряд Двукрылые – Diptera					
<i>Pyraupii</i>	30	1	–	–	–
<i>Diptera</i>	–	–	–	9	2

Доминантную группу за все время сборов представило 4 семейства: Silphidae (213 экз.), Histeridae (117 экз.), Dermestidae (107 экз.), Staphylinidae (105 экз.) (рисунок 1).

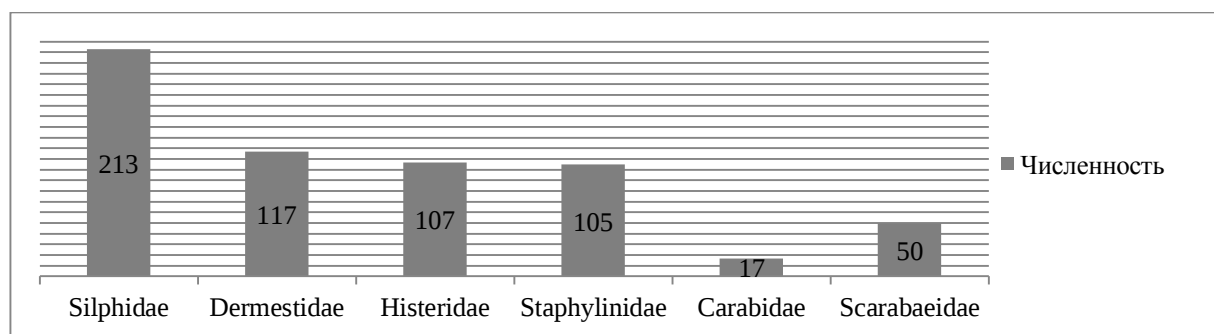


Рисунок 1 – Соотношение количественного разнообразия семейств насекомых-некробионтов

Представителей семейства Мертвоеды и Кожееды можно отнести к облигатным некробионтам [1]. Сильфиды представлены в сборах следующими видами: *Nicrophorus vespillo* (Linnaeus, 1758) (1 экз.; 0,4%), *Nicrophorus interruptus* (Stephens, 1830) (2 экз.; 0,9%), *Silpha obscura* (Brulle, 1832) (57 экз.; 26,8%), *Silpha carinata* (Herbst, 1783) (3 экз.; 1,4%), *Thanatophilus rugosus* (Linnaeus, 1758) (59 экз.; 27,7%), *Thanatophilus dispar* (Herbst, 1793) (9 экз.; 4,2%), *Thanatophilus sinuatus* (Fabricius, 1775) (79 экз.; 37,1%), *Thanatophilus terminatus* (Hummel, 1825) (3 экз.; 1,4%).

Дерместидаы на изучаемых пищевых субстратах представлены пятью видами: *Dermestes fasciventris* (Reitt, 1875) (14 экз.; 13,1%), *Dermestes frischii* (Kugelann, 1792) (4 экз.; 3,7%), *Dermestes laniarius* (Illiger, 1801) (16 экз.; 15%), *Dermestes murinus* (Linnaeus, 1758) (30 экз.; 28%), *Dermestes undulatus* (Brahm, 1790) (43 экз.; 40,2%).

В число факультативных некробионтов входят представители семейства Histeridae и Staphylinidae [1]. В семействе Карапузики определено 8 видов: *Hister bissexstriatus* (Fabricius, 1801) (5 экз.; 4,3%), *Hister impressus* (Fabricius, 1798) (3 экз.; 2,6%), *Saprinus aeneus* (Fabricius, 1775) (76 экз.; 65%), *Saprinus cribellatus* (Marseul, 1855) (1 экз.; 0,9%), *Saprinus immundus* (Gyllenhal, 1827) (21 экз.; 18%), *Saprinus lateralis* (Motschulsky, 1849) (7 экз.; 6%), *Saprinus maculatus* (Rossi, 1792) (1 экз.; 0,9%), *Saprinus subvirescens* (Menetries, 1832) (3 экз.; 2,6%). Из представителей семейства Staphylinidae можно назвать такие виды как *Creophilus maxillosus* (Linnaeus, 1758) и *Staphylinus caesareus* (Cederhjelm, 1798) (рисунок 2).

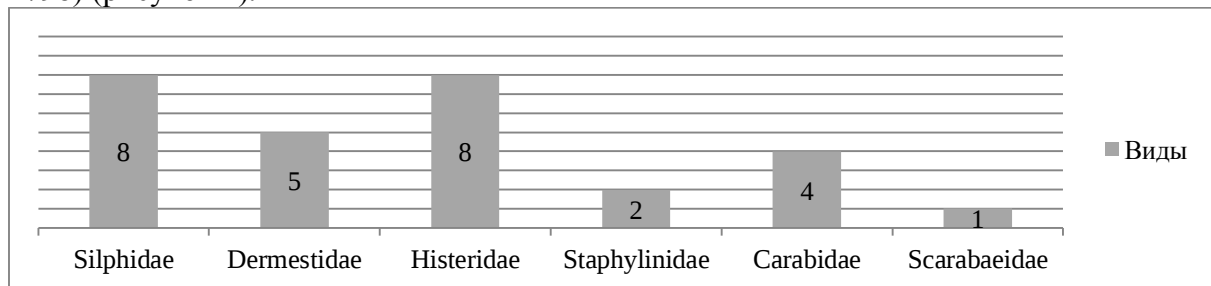


Рисунок 2 – Соотношение видового разнообразия семейств насекомых-некробионтов

Полноту разнообразия видов колеоптера с учетом данных за два года можно было наблюдать на трупе кролика (13 видов), доминирующими семействами на котором оказались Histeridae (40,4%) и Staphylinidae (22,8%); на трупе рыбы зафиксировано 11 видов, в доминирующую группировку входило семейство Silphidae (36,4%); на лабораторных мышах определено 9 видов, в качестве наиболее многочисленного семейства отмечено Dermestidae (50%); на трупе голубя выявлено 4 вида, в число доминантов входило семейство Histeridae (53,8%); на трупах лягушки и ящерицы зарегистрировано 2 вида (рисунок 3).

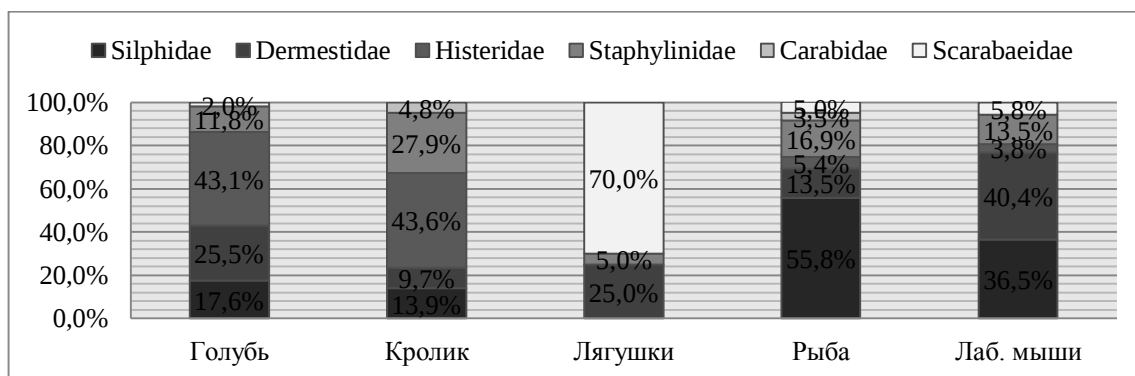


Рисунок 3 – Удельная доля комплексов некробионтов на разных пищевых субстратах

В ходе определения собранного материала, нами были отмечены морфологические аномалии у трёх видов мертвоедов из восьми. В частности, зафиксированы мутации члеников усика *Silpha obscura* (рисунок 4) и *Thanatophilus rugosus*, а также изменения жилкования надкрылий у *Thanatophilus sinuatus* (рисунок 5) [4]

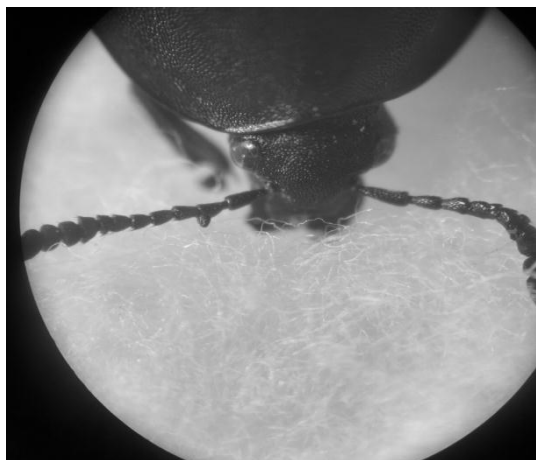


Рисунок 4 – Мутация II-го членика усика *Silpha obscura*

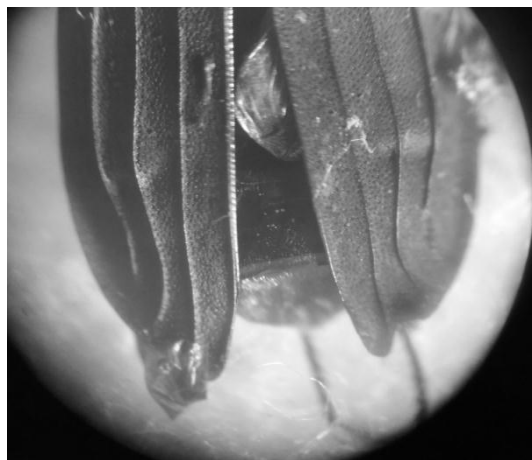


Рисунок 5 – Аномалии жилкования надкрылий *Thanatophilus sinuatus*

Выводы. Таким образом, в ходе исследования некробионтной энтомофауны города Донецка мы можем сделать следующие выводы:

1. В результате проведенного опыта для фауны насекомых-некробионтов города Донецка достоверно было выявлено 28 видов из 13 родов, принадлежащим 6 семействам;

2. В ходе исследования нами было зафиксировано, что наибольшее количество насекомых по разнообразию видов наблюдалось на трупe кролика (13 видов), доминирующими семействами на данном пищевом субстрате оказались Histeridae (43,6%) и Staphylinidae (27,9%); на трупe рыбы отмечено 12 видов, в доминирующую группировку входило семейство Silphidae (55,8%); на лабораторных мышах выявлено 9 видов, в качестве наиболее многочисленных семейств отмечены Dermestidae (40,4%), а также Silphidae (36,5%); на трупe голубя выявлено 7 видов, в число доминантов входили семейства Histeridae (43,1%) и Dermestidae (25,5%); на трупах лягушки и ящерицы зарегистрировано 2 вида, на которых доминантной группой выступило семейство Scarabaeidae (70%).

3. В ходе анализа результатов исследования было установлено, что доминирующую группу составили следующие 4 семейства: Silphidae (213 экз.), Histeridae (117 экз.), Dermestidae (107 экз.), Staphylinidae (105 экз.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лябзина С.Н. Беспозвоночные-некробионты и их участие в утилизации органического вещества в наземных и водных экосистемах Европейского Севера: авторефер. дис. ... канд. биол. наук. / С.Н. Лябзина. – Петрозаводск, 2003. – 25 с.
2. Пушкин С.В. Жуки-мертвоеды и кожееды (Coleoptera: Silphidae, Dermestidae) Центрального Предкавказья (фауна, экология, хозяйственное значение): автореф. дис...канд. биол. наук. – Астрахань, 2002. – С. 26.
3. Николаев Г.В., Козьминых В. О. Жуки мертвоеды (Coleoptera Agyrtidae, Silphidae) Казахстана, России и ряда сопредельных стран. Определитель. – 2002. – С. 345.
4. Присный А.В. Классификация морфологических аномалий жесткокрылых насекомых (Coleoptera). Научные ведомости. 2009. – С. 72–81.
5. Токарь А.И. Насекомые-некробионты города Донецка: тезисы докл. научно-практической конф. с межд. участием «Проблемы и перспективы современной науки» (Луганск, 11–15 декабря, 2017 г.). – Луганск, 2017. – С. 364–367.

Физико-технические науки

УДК 621.3.01

Балко В.С.

Научный руководитель: ст. препод. кафедры РФ и ИКТ Бабичева М.В.
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет

ЛАБОРАТОРНЫЙ БИПОЛЯРНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ

Резюме. В данной работе проведена авторская доработка, представленной в литературе принципиальной электрической схемы стабильного биполярного блока питания, рассчитан и изготовлен опытный образец, разработана методика измерения его основных характеристик. Проведенные тесты подтвердили высокую стабильность и надежность устройства.

Ключевые слова: биполярный источник питания, пульсации напряжения, реакция на изменение нагрузки.

Введение. На сегодняшний день проведение радиотехнических экспериментов, выполнение лабораторных работ требует разработки и внедрения новых устройств, в том числе источников питания [1].

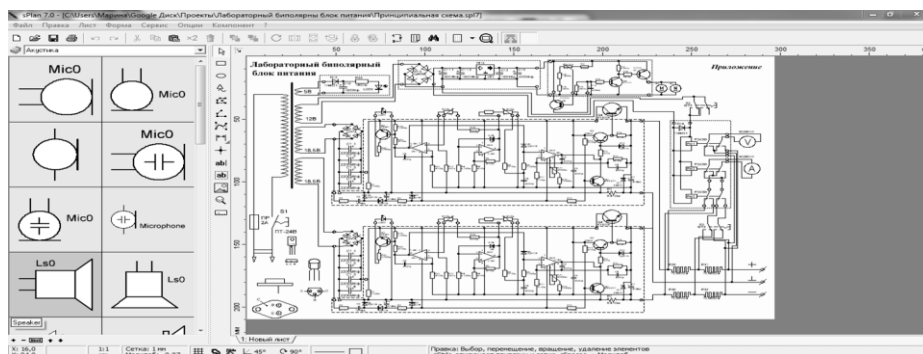
Постановка задачи. Оснащение лаборатории необходимым оборудованием предполагает наличие в ней различных источников питания, основным из которых можно считать лабораторный блок питания. Разработка и изготовление такого прибора является актуальной задачей современной прикладной электроники. Лабораторный биполярный блок питания с регулируемым напряжением и током предполагалось разработать и изготовить со следующими характеристиками:

- диапазон регулируемых напряжений – 0-18 вольт;
- диапазон установки значения тока – 0-3 А;
- уровень пульсаций не более 100 мВ;
- время реакции на изменение нагрузки – не более 500 мкс;
- нестабильность напряжения по нагрузке – не более 0,3 Ома.

Индикация должна осуществляться стрелочными измерительными головками.

Поскольку операционные усилители в настоящее время широко применяются в различных схемотехнических решениях, целесообразно осуществлять регулировку тока и напряжения при помощи операционных усилителей TL081. Для охлаждения схемы от перегрева должен быть предусмотрен блок термоконтроля.

Реализация проекта. Автором был разработан лабораторный биполярный блок питания с переменным регулируемым напряжением от 0 до 18 В. Принципиальная схема была доработана включением электронного ограничителя по току на выходе, который



эффективно регулирует выходной ток от 2 мА до 3 А. Имеется визуальный признак того, что этот ограничитель действует (светодиоды LED1 и LED2). Принципиальная

электрическая схема лабораторного блока питания, который имеет биполярную структуру (два плеча идентичны друг другу), создана в специализированной среде sPlan7.0 (Рис. 1) [2].

Рисунок 1. Принципиальная схема лабораторного блока питания

Прототипы печатных плат разработаны в среде Sprint-Layout6.0 и выполнены на текстолите способом термопечати.

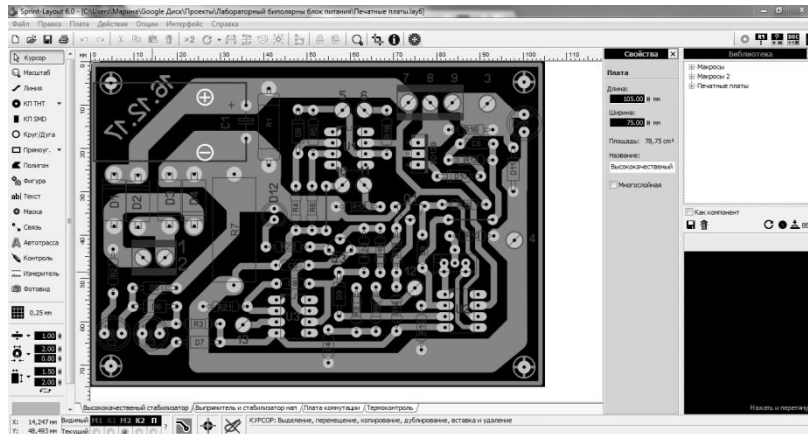


Рисунок 1. Интерфейс среды разработки Sprint-Layout6.0

Основные характеристики лабораторного блока питания были сняты осциллографом с1-68[4]. Для измерения пульсаций напряжения блока питания был изготовлен реостат из нихрома. Результаты измерения пульсаций напряжения на выходе блока питания представлены в таблице 1 и на рисунке 3.

Таблица 1. Пульсации напряжения в милливольтках для разных значений сопротивлений нагрузки

	0,5A	1A	1,5A	2A	2,5A	3A
5B	2	2	2,1	2,2	2,5	3
10B	1,9	2	2,1	2,4	3	3
15B	1,9	2	2,3	3	3	3

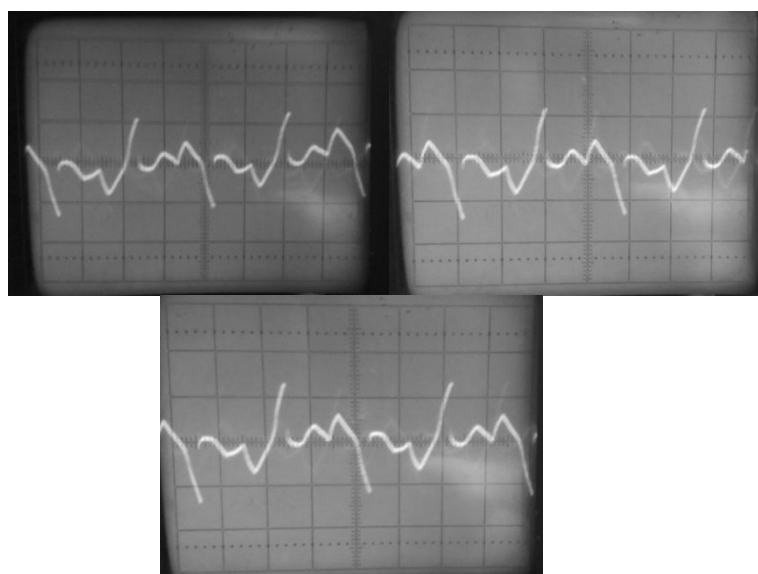


Рисунок 3. Осциллограммы пульсаций напряжения

Значения пульсаций не превышают 3 мВ.

Для измерения реакции на изменения нагрузки была разработана вспомогательная схема (Рис. 4), состоящая из цифрового таймера (NE555), в качестве ключа (полевой транзистор IRF630A), и нагрузки общим сопротивлением 240 Ом.

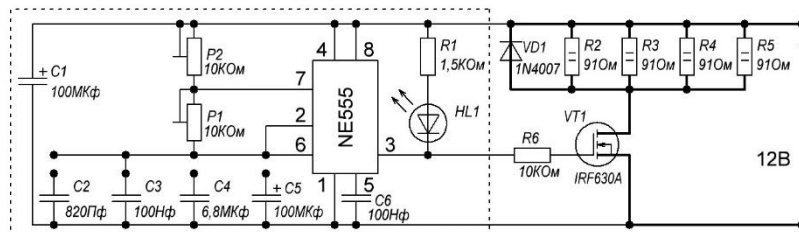


Рисунок 4. Принципиальная схема вспомогательного устройства для измерения реакции на изменения нагрузки

Скорость реакции на изменение нагрузки измерялась при помощи осциллографа (Рис. 5).

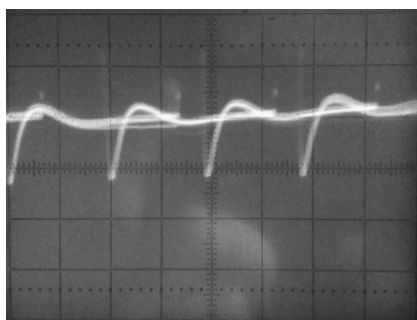


Рисунок 5. Осциллограмма реакции на изменение нагрузки

В результате измерений и вычислений амплитуды и времени получено значение скорости реакции на изменение нагрузки 17 мВт/с.

Результаты. В ходе работы собран и протестирован источник питания на 5-10-15 В, разработаны методики и проведены измерения его характеристик, которые подтвердили запланированные показатели, а именно:

- диапазон регулируемых напряжений – 0-18 В;
- диапазон установки тока – 2 мА – 3 А;
- уровень пульсаций – не более 3 мВ;
- время реакции на изменение нагрузки – 17 мВт/с;
- нестабильность напряжения по нагрузке – 0,2 Ом;
- входное напряжение – 220 ± 10 В;
- потребляемая мощность – 175 Вт;
- вес – 4,2 кг;
- размеры – 240X280X100 мм.

Разработанный лабораторный биполярный блок питания характеризуется высокой стабильностью и надежностью и может быть использован для питания различных электрических схем в лабораториях кафедры радиофизики и инфокоммуникационных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пряшников В.А. Электроника : курс лекций / В.А. Пряшников. – СПб. : КОРОНА принт, 1998. – 400 с.
2. Трейстер Р. 44 источника электропитания для любительских электронных устройств / Р. Трейстер, Дж. Мейо. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
3. Костиков В.Г. Источники электропитания электронных средств / В.Г. Костиков, Е.М. Парфенов, В.А. Шахнов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2001. – 344 с.

УДК 621.396.1

Воробьев В.В.
Научный руководитель: ст. препод. Кафедры РФ и ИКТ Бабичева М.В.
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет

ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПК ПО WI-FI ТОЧКАМ

Резюме. В данной работе изучены способы определения точного местоположения персонального компьютера по данным wi-fi роутеров. В результате разработана программа для получения точных координат местонахождения ПК без использования средств GPS.

Ключевые слова: местоположение, wi-fi сети, C#, JPHP.

Введение. Современные способы определения местоположения позволяют любому желающему узнать где он находится в любой точке мира. Не смотря на широкое распространение средств GPS, данный метод уязвим с точки зрения конфиденциальности. Данные о местоположении сохраняются на серверах компании Google и могут быть предоставлены третьим лицам, о чем пользователи могут даже не догадываться. Поэтому создание собственного приложения для определения местонахождения без использования средств GPS является актуальной задачей [1].

Постановка задачи. Чтобы определить местоположение пользователя (с любого устройства), можно использовать несколько способов [2]:

1) Определение посредством GPS. Плюсы: высокая точность, простота использования.

Минусы: относительно долгий старт, данные хранятся на сторонних серверах.

2) Определение по IP. Плюсы: быстрое получение координат.

Минусы: наименее точные данные.

3) Определение посредством GMS. Плюсы: относительно высокая точность.

Минусы: необходимость дорогостоящих ресурсов, потребляет много энергии, не всегда доступны данные с устройства.

4) Определение по WI-FI (BSSID). Плюсы: относительно высокая точность, малозатратность ресурсов.

Минусы: не всегда доступны данные с устройства.

Проанализировав плюсы и минусы данных методов, автор остановился на четвертом методе, как самом точном, малозатратном и безопасном. Для реализации данного способа требуется просканировать находящиеся рядом wi-fi сети и получить их уникальные BSSID (MAC адреса). Далее, используя общедоступные сервисы Yandex, Mylnikov и другие мы можем получить точные координаты находящихся там роутеров [3].

Поскольку придется отправлять и получать данные, то для программной реализации обмена было выбрано несколько языков: C# (для получения и отправки данных) и JPHP (для отправки и обработки данных), JPHP для создания GUI и консольного интерфейсов (GUI интерфейс позволяет визуализировать процесс получения местоположения роутера, однако он имеет более низкую скорость работы и занимает больший объем оперативной памяти, чем консольное приложение). Данные языки позволяют выполнить

все необходимые условия для успешного получения местоположения пользователя, используя доступные средства системы.

Перед автором были поставлены следующие задачи:

- проанализировать процесс получения необходимых данных;
- обработать полученные данные;
- создать GUI и консольный интерфейсы приложений;
- автоматизировать процесс получения данных;
- разработать обработчик (PHP - серверную часть);
- получить нужные разрешения для доступа к API сервисам Yandex;
- протестировать реализованные программы и удостовериться в их полной работоспособности;
- определить местоположение роутера, находящегося в лаборатории технической защиты информации.

В ходе анализа задачи, были выявлены следующие проблемы, которые необходимо решить в процессе разработки системы и пути их решения:

- отсутствие API ключей для отправки запросов к сервисам Yandex; (регистрация на сервисе Яндекс и получение ключей для отправки запросов)
- отсутствие стандартных средств для получения данных о WI-FI сетях; (разработка собственного алгоритма для возможности сканирования WI-FI сетей)
- проблема с неработоспособностью программы из-за лишних данных на карте, предоставляемой Yandex; (удаление лишних элементов средствами CSS)
- адаптация программы для работы в любой версии операционной системы Windows; (использование различных путей обращения к средствам различных версий операционных систем)

Реализация проекта. На рисунке 1 представлена структурная схема проекта.

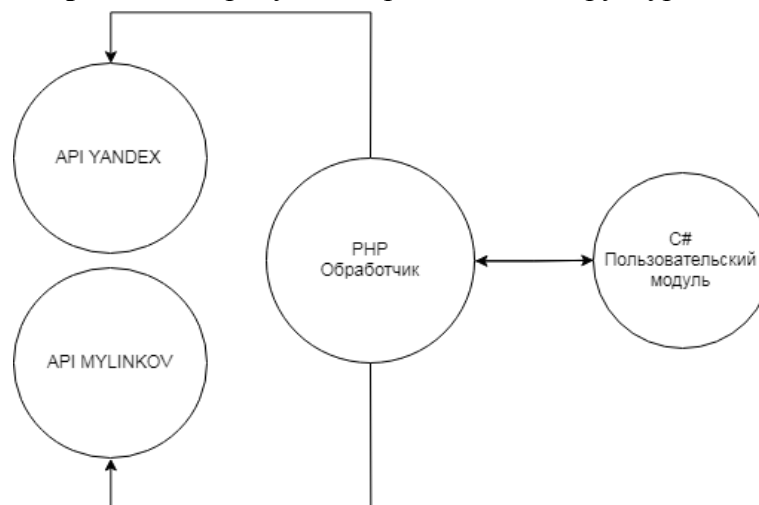


Рисунок 2. Структурная схема проекта.

Пользовательский модуль получает BSSID всех находящихся поблизости точек доступа wi-fi и передает их обработчику, который в свою очередь выполняет следующие задачи: выделение непосредственно mac адресов из полученного текста от пользовательского модуля; отправляет запрос на удаленные сервера Yandex Geolocation и Mylinkov (открытая база данных wi-fi адресов); определяет город по ip адресу для определения достоверности полученных данных; передает полученные координаты на пользовательский модуль.

В данном решение используется два сервиса для определения координат по mac адресу поскольку нужного адреса может не быть в одной из баз данных.

На рисунке 2 представлены точки доступа wi-fi поблизости корпуса №4 Физико-технического факультета ДонНУ, которые обнаружил один из подобных сервисов.



Рисунок 3. Точки доступа wi-fi поблизости корпуса Физико-технического факультета.

На рисунке 3 показан результат выполнения авторской программы, которая определяет BSSID (MAC адреса) роутеров, находящихся в пределах досягаемости wi-fi сигнала.

```
B8:A3:86:B1:9C:11  
C0:25:E9:EB:22:88  
B8:A3:86:B1:A3:F1  
B8:A3:86:B1:A3:F2  
B8:A3:86:B1:9C:10  
B8:A3:86:B1:9C:11  
14:CC:20:88:37:4A  
B8:A3:86:B1:A3:F0  
54:E6:FC:CF:F4:90
```

```
Ukraine, Donetsk, Teatralnyi prospekt 13 (wifi): 48.005686792731, 37.796951811523
```

Рисунок 3. Определение MAC адресов роутеров, находящихся поблизости корпуса Физико-технического факультета средствами пользовательского модуля (C#) и обработчика (PHP)

Результаты тестирования. На рисунке 4 представлен результат определения местоположения роутера находящего в корпусе №4 Физико-технического факультета ДонНУ консольным приложением, написанным на JPHP. Приложение выводит адрес и координаты (долгота и широта) места, где расположен Wi-Fi роутер с самым мощным сигналом.

```
C:\Users\ Воробьев >java -jar E:\Статья\geos.jar  
[INFO] Application starting ...  
1. Find geolocation  
2. Exit  
Choose the number: 1  
Ukraine, Donetsk, Teatralnyi prospekt (wifi) : 48.006038665771, 37.797161102295
```

Рисунок 4. Определение местоположения роутера с указанием адреса и координат

На рисунке 5 представлен результат определения местоположения того же роутера приложением с GUI интерфейсом. Значок указывает местоположение, а окружность вокруг значка отмечает возможную погрешность (около 10 м), а в текстовых полях внизу отображены долгота (Lat) и широта (Lot).

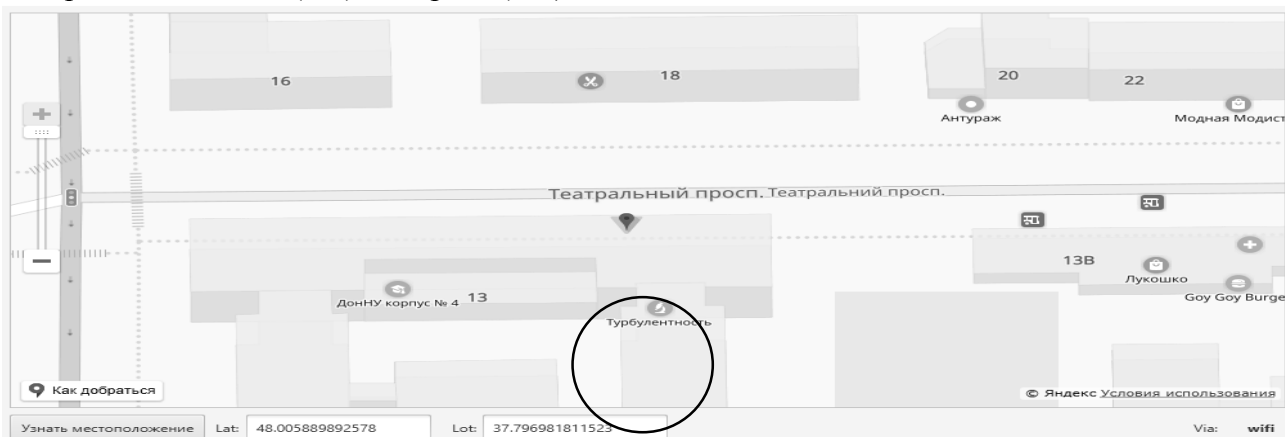


Рисунок 5. Определение местоположения роутера по BSSID на карте Яндекс с учетом погрешности.

Видно, что долгота и широта определенная консольным и GUI приложением различаются на значение в пределах погрешности.

Приложение было дополнено дополнительной возможностью определения местоположения провайдера по ip адресу. На рисунке 6 показано определение местоположения возможного провайдера по ip адресу сети, в которой находится роутер.

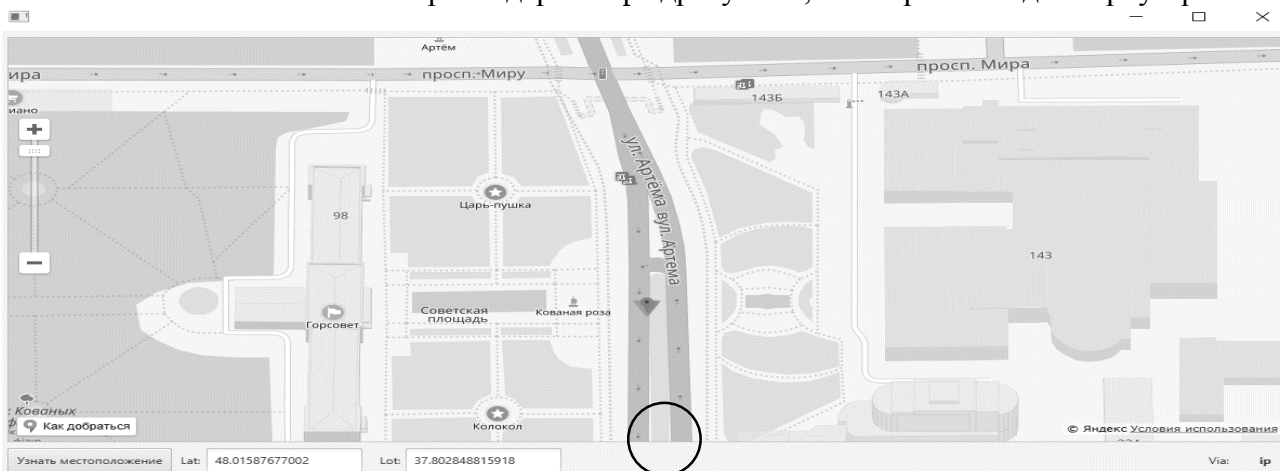


Рисунок 6. Определение местоположения провайдера по ip

Выводы. В ходе работы были проанализированы различные способы определения местоположения пользователя и выбран способ, удовлетворяющий поставленной задаче. Были написаны GUI и консольные приложения с использованием различных языков программирования, которые были протестированы и подтвердили свою работоспособность. Результаты исследования могут быть использованы для разработки программ-трекеров, широко применяющихся в логистике и управлении транспортными потоками. Недостатком данного способа является то, что он преимущественно работает в черте города [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hennigs Robin. Current approaches of Wi-Fi Positioning/ Robin H. — TU-Berlin. – 2012. — 432 c.
2. Rubanny A. El. Introduction to the global positioning system / A. El. Rubanny? —London: Artech House, 2002. — 257 c.

3. Волков А.Н. Позиционирование в сетях Wi-Fi/ А.Н. Волков, М.А.Сиверс, В.А. Сухов // Вестник связи. – 2010.
4. Bahl P. An in-Building RF-based user location and tracking system/ P. Bahl, V. Padmanabhan, N. Radar // Proc. IEEE INFOCOM. 2012 №2. P.775-784.

УДК 504.4+502.3

Гладкая И.Н.

*Научные руководители: Симоненко А.П., д.т.н., профессор,
Артемova И.А., аспирантка
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет*

СНИЖЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТУРБУЛЕНТНОГО ТРЕНИЯ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, ЗАГРЯЗНЕННЫХ МЕХАНИЧЕСКИМИ ПРИМЕСЯМИ

Резюме. В настоящей статье приведен обзор ранее опубликованных работ, посвященных изучению явления снижения гидродинамического сопротивления турбулентного трения (ГСТТ) и очистке сточных вод, загрязненных механическими примесями. Показана возможность снижения гидравлических потерь взвесенесущих потоков в напорных трубопроводах путем применения высокомолекулярных полиэтиленоксида (ПЭО), полиакриламида (ПАА) и композиций на их основе. Разработаны основы технологии очистки сточных вод от взвешенных твердых частиц путем использования смесей коагулянтов и флокулянтов.

Ключевые слова: снижение гидродинамического сопротивления турбулентного трения, полиакриламид, полиэтиленоксид, взвешенные механические примеси, очистка, коагулянты, флокулянты.

Состояние вопроса. Явление снижения гидродинамического сопротивления турбулентного трения (ГСТТ) жидкостей добавками высокомолекулярных полимеров с линейной структурой макромолекул (эффект Томса) и композиций на их основе имеет большие перспективы практического использования для решения проблем эксплуатации систем канализации водоотведения и аварийного откачивания воды при чрезвычайных ситуациях.

Многочисленными исследованиями, выполненными у нас в стране и за рубежом, показано, что за счёт введения в чистую воду и условно чистые по механическим примесям стоки 550 г/м^3 высокомолекулярных полимеров (ПЭО, ПАА и т. д.) с молекулярной массой $(2,5-6,0) \cdot 10^4$ можно существенно (на 50-80%) снизить ГСТТ в трубах промышленных диаметров 50-400 мм.

К большому сожалению, в сточных водах с повышенной загрязнённостью механическими примесями столь существенного эффекта снижения получить не удаётся. По всей видимости это связано с наличием у макромолекул высокомолекулярных полимеров флокулирующей способности – образовывать с механическими примесями флокулы. При этом концентрация кинетически независимых макромолекул в потоке уменьшается, и, следовательно, уменьшается величина эффекта снижения ГСТТ.

Второй важной проблемой, направленной на защиту окружающей среды от загрязнений, является очистка сточных вод от механических примесей. В связи с этим в последние годы проводятся исследования по совершенствованию существующих и созданию новых технологий очистки загрязненных вод. При этом одним из приоритетных направлений является совместное использование коагулянтов и флокулянтов.

Цель - установление основных закономерностей снижения ГСТТ и очистки загрязненных механическими примесями сточных вод.

Снижение гидродинамического сопротивления турбулентного трения. Значительное снижение турбулентного трения, получаемого при введении в поток

жидкости добавок полимеров, стимулировало работы по изучению возможности использования этого явления в канализационных системах и системах водоотведения, а также при гидротранспорте сыпучих материалов. Из известных публикаций первой в этом направлении является работа [1], в которой сообщается о 30%-ном уменьшении с помощью полимерных добавок потерь напора при транспортировке суспензии частиц шлака с объемным содержанием 7 % *вес.* по магистрали диаметром 15,2 см и длиной 805 м. Вид полимера, концентрация которого в эксперименте составила $C=3,6 \cdot 10^{-4}$ г/см³, авторами работы не приводится. В работе [2] показана возможность использования ПАА для снижения гидравлических потерь при движении водной суспензии кварцевого песка, объемная концентрация которого составляла 12 % *вес.*

В дальнейшем поставленные вопросы получили свое развитие в работах [3,4] по влиянию добавок ПАА на гидродинамическое сопротивление взвесенесущих потоков. В опытах в качестве твердой фазы использовали кварцевый песок, золу, глину, бурый и каменный угли. Эксперимент проводился на трубке диаметром 0,7 см при числе Рейнольдса для воды $Re=1,23 \cdot 10^4$. Концентрация ПАА менялась в пределах $C_{II}=0-10^{-3}$ г/см³, весовая концентрация песка варьировалась в интервале $C_T=0-37,5\%$.

Получено, что при течении раствора ПАА без твердой компоненты ($C_T=0$) в области малых концентраций полимера имеет место увеличение эффекта, который достигает максимального значения $\Delta\lambda/\lambda=58\%$ при некоторой оптимальной концентрации ПАА ($C_{II}=2,4 \cdot 10^{-4}$ г/см³). При дальнейшем увеличении концентрации полимера величина эффекта уменьшается. Добавление твердой компоненты (песка) в раствор ПАА приводит к уменьшению величины эффекта во всей области изменения концентраций полимера. При этом максимальное снижение сопротивления (для всех исследуемых концентраций твердой фазы) достигается при одной и той же концентрации полиакриламида ($C_{II}=2,4 \cdot 10^{-4}$ г/см³). С увеличением концентрации песка величина эффекта уменьшается.

На рис.1 приведены опытные данные для водного взвесенесущего потока, содержащего кварцевый песок весовой концентрации $C_T=10\%$ (крупность 0,1-0,3 мм) и полиакриламид концентрации $C_{II}=2,2 \cdot 10^{-4}$ г/см³. По оси абсцисс отложено число Рейнольдса Re , а по оси ординат - коэффициент гидродинамического сопротивления λ . Вязкость водопесчаной смеси, по которой определялось число Re , рассчитывалась по формуле 1.

$$\mu_c = \mu_0 \left[1 + \frac{2C_v}{(1 - 1,2C_v^{2/3})^2} \right], \quad (1)$$

где μ_0 – вязкость воды; C_v – объемная концентрация твердой фазы [5].

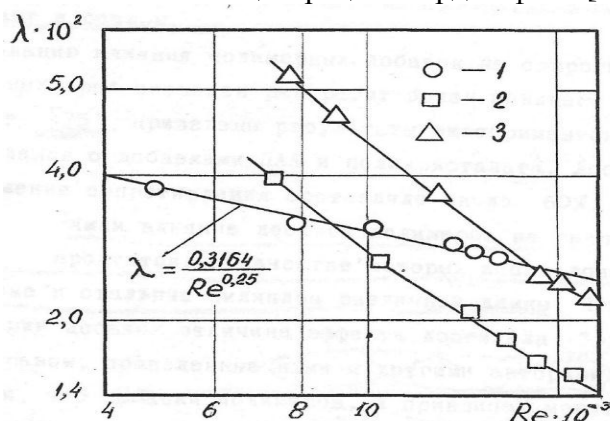


Рис. 1 Зависимость величины λ от Re при течении чистой воды (1) и раствора ПАА ($C_{II}=2,2 \cdot 10^{-4}$ г/см³) с песком ($C_T=10\%$ *вес.*) при температурах $T=20^\circ\text{C}$ (2) и $T=31^\circ\text{C}$ (3). Данные работы [3].

Из рис. 1 видно, что снижение сопротивления водопесчаной смеси начинается при пороговом числе Рейнольдса Re_{np} , которое с увеличением температуры смещается в сторону больших значений. Полученный результат коррелирует с опытными данными для однородных полимерных растворов. При $Re > Re_{np}$ коэффициент сопротивления λ водопесчаной суспензии меньше, чем у дисперсионной среды (воды).

В опытах, где в качестве твердой компоненты использовались мелкие частицы бурого и каменного углей, снижения сопротивления не наблюдалось. Это, очевидно, связано с тем, что молекулы ПАА адсорбируются на частицах угля и вследствие этого теряют способность воздействовать на турбулентность. Отрицательные результаты получены и в опытах с растворами буровой глины. При введении добавок ПАА в раствор глины образуются хлопья, которые выпадают в осадок [4].

Исследованию влияния полимерных добавок на сопротивление трения многофазных сред посвящен ряд работ более позднего периода. Так, в работах [6,7] приведены результаты экспериментов по гидротранспорту шламов с добавками ПАА и поликристалата. Достигнутое в опытах снижение сопротивления составляло около 60%. Авторы работы [7] изучили влияние добавок полимеров на гидротранспорт капсулированных продуктов, в качестве которых использовались сплошные алюминиевые и стальные цилиндры различной длины. При оптимальной концентрации добавок величина эффекта достигала 35%.

Таким образом, проведенные исследования показали, что добавки полимеров могут быть использованы для повышения эффективности работы гидротранспорта взвешенных сред, а также для снижения гидравлических потерь в трубопроводах канализационных систем и систем водоотведения сточных вод, которые загрязнены механическими примесями. Однако при практической реализации этого метода снижения турбулентного трения необходимо свести к минимуму или вообще исключить воздействия насосов на полимерные молекулы, а главное – флокулирующее воздействие полимеров на тонкодисперсную часть транспортируемых веществ. Частично эти проблемы были решены авторами работ, которые применяли для снижения ГСТТ мицеллообразующие поверхностно-активные вещества и различные полимерные композиции [8-13].

Очистка сточных вод с различной степенью загрязненности. Горнодобывающие предприятия угольной промышленности откачивают большой объем шахтных вод. Так, например, только в Донбассе ежегодно на поверхность подается около 800 млн. м³ воды, загрязненной взвешенными веществами, бактериальными примесями и минеральными солями. Сброс такого количества шахтных вод в наземную гидрографическую сеть вызывает сильное заиливание, засоление и закисление водоемов, водотоков, дестабилизируя тем самым экологическое равновесие в регионе. Постоянный переход горных работ на более глубокие горизонты и усложнение при этом гидрогеологических условий приводят к дальнейшему увеличению объемов и загрязненности забираемых вод различными веществами. Кроме этого, происходит истощение подземных водоносных горизонтов, в том числе насыщенных чистой питьевой водой.

Одним из наиболее перспективных методов очистки шахтных вод, допускающих его реализацию непосредственно в шахте, является реагентный метод, который основан на применении коагулянтов, высокомолекулярных флокулянтов и их смесей. В настоящей работе с целью выбора наиболее активных реагентов были апробированы: коагулянт - сернокислый алюминий и флокулянты - полиакриламид с молекулярной массой $M = (2,2-4,6) \cdot 10^6$, полиэтиленоксид с молекулярной массой $M = (2,6-4,8) \cdot 10^6$ и модифицированный полиакриламид - МПАА. МПАА получали из обычного технического полиакриламида путем полимераналогичных преобразований. Сущность этого способа заключается в обработке однородного (1-2) %-ного раствора полиакриламида формальдегидом и диметиламином при определенных условиях. При

этом появляется возможность получать флокулянт в виде (2-4) %-ного водного раствора, который обладает ярко выраженными катионными свойствами и имеет большую молекулярную массу $M = (2-4) \cdot 10^6$, сохраняет свои свойства при хранении в течении 4-6 месяцев.

В качестве объекта исследований были выбраны пробы шахтных вод ш/у им. А.Ф. Засядько и им. М. Горького ГП "Донецкуголь", содержащие 40,0; 185,0; 210,0; 400,0 и 535 мг/л взвешенных веществ. Данные экспериментальных исследований приведены в табл. 1.

Получено, что во всем диапазоне исследованных концентраций для очистки шахтных вод наиболее эффективными являются: из коагулянтов - хлорное железо, из флокулянтов - модифицированный полиакриламид (МПАА), из смеси "коагулянт + флокулянт" - смесь сернокислого алюминия и модифицированного полиакриламида. При этом также установлено, что для уплотнения осадков, полученных за счет введения коагулянтов, целесообразно использовать МПАА, который значительно эффективнее ПЭО и ПАА[9].

Таблица 1

Содержание взвешенных веществ в шахтных водах после двухчасового отстаивания при применении различных химических реагентов

№п/ п	Наименование реагента	Доза, мл/г	Содержание взвеси в исходной шахтной воде, мг/л				
			C ⁰ =40	C ⁰ =185	C ⁰ =210	C ⁰ =400	C ⁰ =535
КОАГУЛЯНТЫ							
1	Сернокислый алюминий	100	8	39	19	30	42
2	Хлорное железо	100	2	14	6	14	25
3	Сернокислое железо	100	3	20	30	20	30
ФЛОКУЛЯНТЫ							
4	Полиакриламид	1,5	12	29	94	44	28
5	Полиэтиленоксид	1,5	22	64	100	63	60
6	МПАА	1,5	10	24	13	16	23
СМЕСЬ «КОАГУЛЯНТ+ФЛОКУЛЯНТ»							
7	Сернокислый алюминий + полиакриламид	100+1,0	18	31	13	27	30
8	Сернокислый алюминий + полиэтиленоксид	100+1,0	24	29	16	28	38
9	Сернокислый алюминий +МПАА	100+1,0	9	19	4	10	20

Выводы. 1. Обзор работ по снижению гидродинамического сопротивления турбулентного трения в потоках жидкостей с механическими примесями различной природы показывает, что гидродинамически-активные добавки ВП могут использоваться для повышения пропускной способности трубопроводов систем гидротранспорта, канализации и водоотведения.

2. При выборе снижающих гидродинамическое сопротивление трения добавок ВП необходимо учитывать их флокулирующую активность, которая особенно проявляется при подаче по трубопроводам жидкостей, загрязненных тонкодисперсными взвесями транспортируемых веществ.

3. В сточных водах, в состав которых входят в растворенном состоянии глины, применение ВП для снижения гидродинамического сопротивления турбулентного трения считается нецелесообразным [10].

4. Для эффективной очистки сточных вод от взвешенных твердых примесей целесообразно использовать композиции на основе коагулянтов и флокулянтов. Так, например, для очистки сточных вод наибольшую эффективность проявляют смесь сернокислого алюминия и модифицированного полиакриламида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Poreh M. Drag reduction in hydraulic transport of solids / M. Poreh, L.L. Zakin, A. Brosh, M. Warshavsky // J. Hydraul. Div. Proc. Amer. Soc. Civ. Eng.-1970.-No. 4.-P. 903-909
2. Шабрин А.Н. Исследование гидравлических потерь в водных потоках с полимерными добавками / А.Н. Шабрин // Гидромеханика. Респ. меж.-вед. сб.-1970.-вып.16.-с. 40-43
3. Повх И.Л. Влияние добавок полиакриламида на снижение гидравлических потерь в водных потоках с твердыми частицами / И.Л. Повх, А.Б. Ступин // Инж.-физ. журнал.-1972.-№5.-С.919-921
4. Повх И.Л. Снижение гидродинамического сопротивления взвешенных потоков добавками полимеров и поверхностно-активных веществ / И.Л. Повх, А.Б. Ступин, В.М. Добрыченко, С.Н. Максютенко // Изв. высших учебных заведений. Энергетика.-1975.-№4.-С.101-103
5. Курчаев Е.Ф. «О вязкости суспензий» Доклад АН СССР.-1960.-№2.-С. 392-394
6. Polert J. Aplikace Tomsova jevu v suspenzi aktivovavcho ka-lu/ J. Polert // Vodohosp.cas.-1974.-№5.-P. 515-527
7. Latto B The drag and pressure drops for hydrodynamically suspended cylinders in a vertical tube with and without additives/ B. Latto, S.W. Lee//Can.d.Chem.Eng.-1978.-№3.-P.304-309
8. Повх И.Л. Снижение гидродинамического сопротивления добавками поверхностно-активных веществ/И.Л. Повх, А.Б. Ступин, В.М. Добрыченко, С.Н. Максютенко//Инж.-физ. журнал.-1974.-№4.-С. 682-686
9. Симоненко А.П. Гидродинамически-активные композиции на основе полимеров и поверхностно-активных веществ для решения проблем экологической безопасности и энергосбережения: дис. ... д-ра техн. наук: 21.06.01. – Донецк, 2013. – 397 с.
10. Ступин А.Б. Гидродинамически-активные полимерные композиции в энергосбережении и экологии (монография)/ А.Б. Ступин, А.П. Симоненко, П.В. Асланов // Донецк: ДонНУ, - 1999, - 230 с.
11. Симоненко А.П. Повышение эффективности работы мобильных установок аварийной откачки воды добавками гидродинамически-активных полимерных композиций / А.П. Симоненко // Збірник «Вісник НУ ВПГ», м. Рівне. – 2012, Вип. 1(57), сер. техн. науки. – С. 41-47
12. Симоненко А.П. Применение гидродинамически-активных композиций для увеличения пропускной способности канализационных коллекторов и систем водоотведения в чрезвычайных ситуациях/ А.П. Симоненко, А.Ю. Собко, Н.В. Быковская, С.Ф. Прохоренко// Вісті Автомоб.-дорожн. Інст. Науково-вироб. зб., м. Горлівка: ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ. – 2012, - вип. №2(15). – С. 189-194
13. Симоненко А.П. Использование модифицированного флокулянта для очистки сточных вод и обеззараживания осадка/ А.П. Симоненко, А.Ю. Собко // Вісник ДонНУ, сер. А: Природничі науки. – Вип. 1.-2000.- С. 164-170

УДК 004.9

Зайка Д.Д.

*Научный руководитель: Ломонос Г.Т, ст. преподаватель
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет*

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС «ИГРА ФУТБОЛ» ДЛЯ ПРОВЕРКИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ УЧАЩИХСЯ

Резюме. В данном исследовании изучены возможности современных программируемых контроллеров, создан прототип прибора для тестирования некоторых психофизиологических параметров учащихся с использованием программно-аппаратного комплекса.

Ключевые слова: программирование, диагностика функционального состояния, оптимизация, геймификация, Arduino.

Введение. В последнее время во всех областях человеческой жизни используется робототехника: в научных проектах, обучении, производстве и медицине, в развлекательных целях. В наши дни обучение в учебных заведениях значительно интенсифицируется, это является стрессом и может привести к снижению успеваемости. Для того, чтобы улучшить и оптимизировать процесс обучения нужно изучить функциональные состояния учащихся, что облегчается при проведении исследований в форме игры (геймификации) [1,2,3].

Несмотря на то, что идея о создании геймифицированных инструментов для оценки функциональных состояний не нова, таких проектов мало. При этом данное направление разработки в этой структуре востребовано и современно.

Целью работы является создание прототипа прибора для тестирования некоторых психофизиологических параметров учащихся на основе микроконтроллера Arduino Mega, а также дальнейшее создание автомата для оценки функциональных состояний учащихся.

Материалы и методы. Для изучения функциональных состояний создан геймифицированный инструмент в виде настольной игры «Футбол» на платформе Arduino Mega (рис.1). В качестве прототипа, для тестирования функциональных состояний решено было использовать разработанное в СССР устройство «Электроника ИМ-37» Настольная электронная игра «Футбол: Кубок чемпионов» с введенными изменениями и дополнениями.

Оригинальная версия игры построена на микроконтроллере КР1814ВЕ8 и состоит из светодиодного игрового поля (28 красных светодиодов); поля текущего счета с одnorазрядной светодиодной индикацией; 4-х кнопок для каждого игрока, три клавиши – направление для каждого игрока, три клавиши – направление удара, одна – перехват мяча; переключателей, расположенных на торцевой части.

Аппаратная часть разработанного устройства очень проста — все исполнительные устройства кроме трехцветных светодиодов подключены непосредственно к цифровым портам вывода контроллера Arduino (светодиоды к портам 22-45, динамик — 46 и т. д.), трехцветные светодиоды подключены к портам 2-13 для возможного использования ШИМ регулировки яркости каждого цвета. Датчики подключены к цифровым и аналоговым портам ввода (кнопки к портам А0-А9, переключатели и переменные резисторы 47-49, А15). ЖКИ подключен к портам шины I2C (20, 21), а модуль SD карты к портам SPI (50-53). Для всех светодиодов подключение осуществляется через токоограничивающий резистор на 220 ом. Динамик подключен через усилитель на 1 транзисторе. Соединения компонентов между собой в устройстве выполнены навесным монтажом. ПО для устройства написано на диалекте C++ для Arduino с использованием официальной IDE, ну и немного Sublime Text. Для написания ПО проекта использовались открытые библиотеки: Wire и LiquidCrystal_I2C для управления ЖКИ, MsTimer2 для работы с прерываниями по таймеру, SD и SPI для работы с SD картой, TMRpcm для воспроизведения звуковых файлов [4,5,6,7].

Разработка проекта аппаратной части устройства производилась с использованием ПО Fritzing (протеус).

В процессе работы над проектом активно использовалась система версионирования Git, материалы проекта расположены на сайте Github [<https://github.com/ventricola/arduino-socce>]

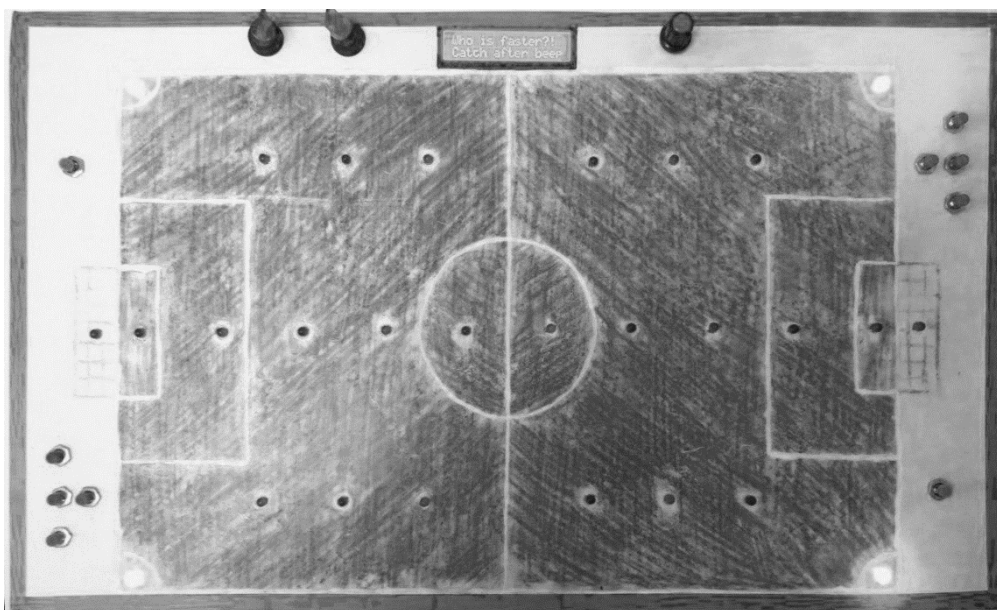


Рис.1

Все события, происходящие в течении игры записываются в файл журнала в формате CSV. Далее можно проанализировать время реакции игроков на события игры, стратегии игры, качество принимаемых участниками игры решений. Журнал выводится в UART интерфейс и может быть передан по Bluetooth на другое устройство, например, на персональный компьютер или смартфон. Далее файлы журналов импортируются в LibreOffice Calc, где обрабатываются. Полученные результаты используются для анализа функциональных состояний, улучшения играбельности и работы над режимом игры «компьютер против человека», что позволит проводить тестирование с одним испытуемым.

Программная часть. Игровое поле разделено координатной сеткой на прямоугольные области 12x5. Это x и y координаты мяча, при попадании мяча в соответствующую область загорается светодиод, расположенный в этой области. На игровом поле расположены по 12 светодиодов красного и зеленого цветов, из которых 11 соответствуют игрокам, и 1 для индикации взятия ворот. В программе для работы со светодиодами создан трехмерный массив 12x5x2, где первые 2 индекса указывают на координаты светодиода, а 3-й на номер порта и цвет (для трехцветных светодиодов вместо номера порта индекс, по которому рассчитывается номер порта). Пустые области обозначаются числом -0, цвета 1 (единица) — зеленый, -1 (минус единица) — красный. Каждый игрок управляет игрой при помощи 4-х кнопок для перемещения мяча и 1-й кнопки для перехвата мяча.

Для работы с кнопками в программе создан класс, обрабатывающий дребезг и описывающий необходимые свойства и методы кнопок. Для считывания состояния кнопок используется прерывание по таймеру с интервалом в 15мс.

Для перемещения мяча при помощи комбинации кнопок используется суммирование условных баллов за каждую кнопку — так нажатие кнопки вперед оценивается в 3 балла, назад в -3, влево в -1 и вправо в 1 балл, суммы баллов рассматриваются как направления для перемещения мяча соответственно схеме:

```
//directions
// 2 3 4
```

```
// -1 0 1  
// -4 -3 -2
```

Для каждого события написан обработчик в виде функции, которая выполняется из тела функции loop() при соответствии режима игры определенному значению. Для программирования событий используются режимы игры с соответствующими числовыми кодами: GAME_START 0, GAME_PERFORMED 1, GAME_SIDE_OUT 2, GAME_END_OUT 3, GAME_OFFSIDE 4, GAME_HALFEND 5, GAME_STOP 6, GAME_GOAL 9, для жеребьевки, непосредственно игры, выхода мяча за боковую линию, а также за линию ворот, превышения времени удержания мяча одним игроком, окончания первого тайма, окончания игры и взятия ворот соответственно.

Для симуляции действий игрока автоматом используется библиотека Gaussian, которая описывает класс соответствующий нормальному распределению, задаваемый дисперсией случайной величины и средним значением.

Результат. Для создания первичного алгоритма и достижения приемлемого уровня играбельности было проведено около 50 игр человек против человека с последующей обработкой результатов и анализом хода игры.

Ранние варианты алгоритма позволяли некоторым участникам исследования находить простые выигрышные стратегии, что снижало интерес к испытаниям у остальных участников. Текущий алгоритм для большинства участников интересен и они легко соглашались на повторные игры. Проанализированы данные времени реакции игрока при розыгрыше мяча по 36 играм для игроков, играющих в игру с текущим алгоритмом впервые. Распределение значений в выборке близко к нормальному. Минимальное значение времени реакции в выборке 0,91 с., максимальное – 2,03 с., среднее - 1,4143 при среднеквадратичном отклонении – 0,1685 (рис. 2).

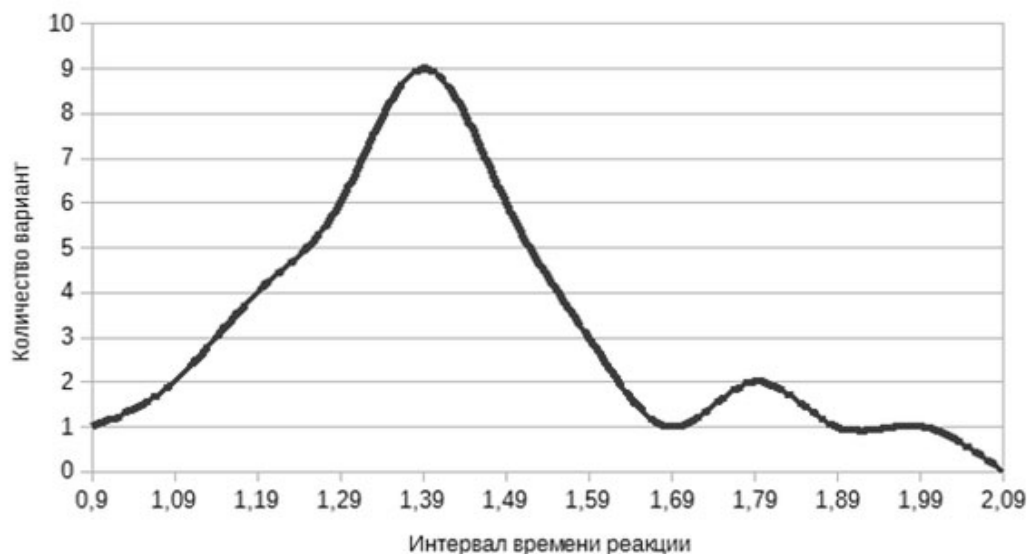


Рис. 2

Полученные результаты используются для совершенствования алгоритма автоматической игры «компьютер против человека».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Омельченко Е.Я., Танич В.О., Маклаков А.С., Карякина Е.А. Краткий обзор и перспективы применения микропроцессорной платформы arduino // электротехнические системы и комплексы. - 2013/21. - С.28-33.
2. Официальный практикум Arduino // [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial>, свободный. – Загл. с экрана. – Описание основано на версии, датир.: сентябрь 10, 2017.
3. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. СПб. : БХВ — Петербург, 2015. 448С.
4. Плат Ч. Электроника для начинающих //Пер. с англ. 2-е изд. — СПб.: БХВ — Петербург, 2017. — 416С.
5. Шмелёв А., Лисица И., Компьютерное тестирование и геймификация: перспективы мониторинга функционального состояния работников в эпоху компьютеризации психодиагностики // вестник Московского университета. серия 14. психология. — 2016. — №4 — С.98-109.
6. LiquidCrystal-I2C-library // [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://github.com/fdebrabander/Arduino-LiquidCrystal-I2C-library>, свободный. – Загл. с экрана. – Описание основано на версии, датир.: май 7, 2018.
7. Официальный репозиторий и документация библиотеки Arduino SD Library for Arduino // [Электронный ресурс]. Электрон. текстовые дан.— Режим доступа: <https://github.com/arduino-libraries/SD>, свободный. – Загл. с экрана. – Описание основано на версии, датир.: май 10, 2018.

УДК 532.526:536.24.08

*Качановский А.А., Тарарощенко А.В.
Научные руководители: Симоненко А.П., д.т.н., профессор,
Дмитренко Н.А., научный сотрудник
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет*

ВЛИЯНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИ-АКТИВНЫХ ДОБАВОК НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ТРЕНИЯ И ТЕПЛООБМЕН В ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКАХ ЖИДКОСТЕЙ

Резюме. В настоящей статье приведен обзор ранее опубликованных работ, посвящённых изучению снижения гидродинамического сопротивления турбулентного трения (ГСТТ) тепло- и хладоносителей в напорных трубопроводах. На основе имеющихся результатов, систематизированы основные закономерности влияния гидродинамически-активных добавок (ГДАД) на сопротивление трения и теплообмен в турбулентных потоках жидкостей. Рассмотрены перспективы использования ГДАД для снижения ГСТТ и влияния на теплообмен в турбулентных потоках жидкостей.

Ключевые слова: турбулентный теплообмен, теплообменные аппараты, гидродинамически-активные добавки (ГДАД), полиакриламид (ПАА), метапон, мицеллообразующие поверхностно-активные вещества (МПАВ).

Состояние проблемы. Важным резервом повышения эффективности работы централизованных систем подачи тепла и холода может быть использование явления снижения гидродинамического сопротивления турбулентного трения (ГСТТ) тепло- и хладоносителей в напорных трубопроводах. Однако, введение в турбулентные потоки жидкостей добавок высокомолекулярных полимеров (ВП) и некоторых мицеллообразующих поверхностно-активных веществ (МПАВ) приводит не только к существенному снижению гидродинамического сопротивления трения, но и к уменьшению интенсивности турбулентного тепло- и массопереноса. В связи с этим возникает необходимость исследования влияния гидродинамически-активных добавок на процессы переноса тепла и холода в теплообменниках аппаратах.

Цель работы – на основе имеющихся публикаций систематизировать основные закономерности влияния гидродинамически-активных добавок (ГДАД) на сопротивление трения и теплообмен в турбулентных потоках жидкостей и разработать

рекомендации по гидродинамическому проектированию теплообменных аппаратов централизованных систем подачи тепла и холода.

Турбулентный теплообмен в растворах полимеров и МПАВ. В работах [1-10] приведены результаты экспериментальных исследований по определению коэффициента теплоотдачи при течении растворов высокомолекулярного полиакриламида (ПАА) в круглой трубе, а также данные по профилям температуры в канале прямоугольного сечения для потоков с добавками ПАА и МПАВ – промышленной пасты «метаупон».

Опыты по определению коэффициента теплоотдачи и измерению профилей температуры проводились с применением теплообменника типа «труба в трубе» [7], а также в канале прямоугольного сечения [10] при различных концентрациях ПАА и числа Рейнольдса. Установлено, что с ростом концентрации ПАА в интервале $C = (0 \div 3) \cdot 10^{-4}$ г/см³ происходит снижение коэффициента теплоотдачи. При этом большому значению числа Re соответствует более значительное уменьшение турбулентного теплообмена [7].

На рис. 1 и 2, в безразмерных координатах, приведены профили температуры в растворах ПАА и «метаупона», содержащего дополнительно в качестве способствующего мицеллообразованию вещества 2%, вес. хлористого магния [10]. По оси ординат отложена безразмерная температура $\Theta^+ = (T_w - T) \rho C_p U^* / q_w$, где T_w – температура стенки, T – температура жидкости в потоке, ρ , C_p – плотность и удельная теплоемкость исследуемой жидкости, U^* – динамическая скорость рассчитанная по напряжению трения на стенке и плотности жидкости, q_w – тепловой поток через стенку канала. По оси абсцисс отложена безразмерная координата $y^+ = U^* y / \nu$ которая рассчитывалась по вязкости растворов гидродинамически-активных веществ.

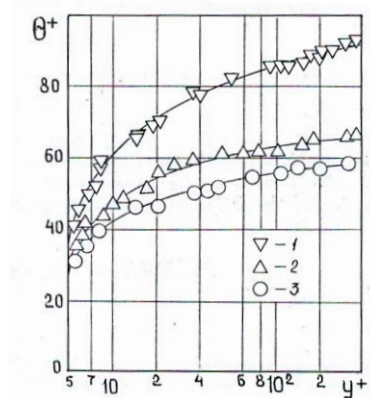


Рис. 1 Профили температуры в водных растворах полиакриламида (1,2) и в воде (3). 1,2 – концентрация ПАА $C_{ПАА} = 0,01$ и $0,005\%$, вес., соответственно. Данные работы [10]

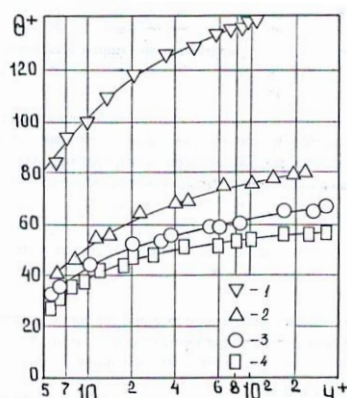


Рис. 2. Профили температуры в водных растворах «метаупона» (1,2,3) и в воде (4). 1,2,3 – концентрация «метаупона» $C_{МУ} = 0,4; 0,2; 0,3\%$ вес., соответственно. Содержание хлористого магния в растворах $C_{MgCl2} 2\%$, вес. Данные работы [10]

Из рис. 1 и 2 видно, что профили температур в потоках с гидродинамически-активными добавками располагаются выше по сравнению с профилем для воды. При этом прямолинейный участок в профиле температур для растворов ПАА и «метаупона» смещен в сторону больших значений координаты y^+ . Полученные опытные данные свидетельствуют о том, что в течениях с гидродинамически-активными добавками происходит перераспределение термического сопротивления между отдельными областями турбулентного потока. В частности, это перераспределение сопровождается возрастанием термического сопротивления пристенной области, включающей вязкий подслой и переходную зону. Отметим, что полученные данные согласуются с результатами измерений профилей температуры в растворах ПАА, которые приведены в работах [11, 12].

Авторы работ [7-12] делают вывод, что воздействие добавок МПАВ и полимеров на пристенную турбулентность приводит не только к снижению гидродинамического сопротивления трения, но и к значительному уменьшению турбулентного теплообмена. Из выводов авторов работ следует, что при числах Прандля $Pr > 1$ гидродинамически-активные добавки оказывают большое влияние на снижение уровня тепло- и массопереноса, чем на уменьшение турбулентного трения. При этом отмечается, что для случаев, когда $Pr \ll 1$ добавки незначительно снижают уровень теплопереноса.

Влияние шероховатости поверхности на теплообмен проявляется по-разному в зависимости от режима течения и величины числа Прандля [3, 6, 13]. Максимальная интенсификация процесса теплопереноса при $Pr > 1$ наблюдается в переходном режиме проявления шероховатости. При этом следует отметить, что существует область значений чисел Рейнольдса, в которой влияние шероховатости на теплообмен превосходит ее влияние на турбулентное сопротивление. При числах $Pr < 1$ шероховатость незначительно повышает скорость теплообмена. При этом величина отношения коэффициентов теплообмена на шероховатой и гладкой поверхностях монотонно увеличивается с ростом числа Рейнольдса.

Рекомендации по гидродинамическому проектированию теплообменных аппаратов. Из основных закономерностей снижения ГСТТ добавками высокополимеров [14] и мицеллообразующих поверхностно-активных веществ [15] известно, что на местных сопротивлениях и при обтекании потоком жидкости шероховатых поверхностей величина эффекта снижения значительно меньше, чем в гладких трубах, а при определенных условиях она становится равной нулю.

Конструктивно теплообменные аппараты (ТА) включают в себя большое количество местных сопротивлений (колен, поворотов и др.), а также прямолинейных участков труб по которым подаются тепло- и хладоносители. В связи с тем, что внести изменения в конструкции ТА путем видоизменения местных сопротивлений считается нецелесообразным, рассмотрим влияние шероховатости внутренней поверхности труб на величину снижения ГСТТ жидкостей (воды) добавками гидродинамически-активных ВП и МПАВ.

Коэффициент гидродинамического сопротивления. При исследовании течений жидкостей одной из наиболее важных является зависимость коэффициента гидродинамического сопротивления трения λ от числа Рейнольдса: $\lambda = \lambda(Re)$. В работах [16-21] были определены зависимости $\lambda = \lambda(Re)$ для течений водных растворов «метаупона» и диталана OTS в гладких [16-18] и шероховатых [19-21] трубах.

Авторы этих работ установили, что в ламинарном режиме движения коэффициент сопротивления растворов диталана OTS значительно больше аналогичной величины для воды. Для каждой из концентраций можно указать некоторое пороговое число Рейнольдса $Re_{пор}$, построенное по вязкости воды, выше которого начинает проявляться эффект снижения гидродинамического сопротивления. При этом с увеличением концентрации диталана OTS $Re_{пор}$ смещается в сторону больших значений. Коэффициент

λ достигает минимального значения для заданной концентрации добавки при некотором определенном числе Рейнольдса Re_{min} . При $Re > Re_{min}$ сопротивление возрастает, и кривая $\lambda = \lambda(Re)$ выходит на соответствующую кривую для воды. Этот выход хорошо зафиксирован для раствора с концентрацией диталана OTS $C = 0,6\%$, *вес.* Аналогичные результаты были получены и для растворов «метаупона».

Возрастание величины λ при $Re > Re_{min}$ связано с уменьшением влияния добавок ПАВ на турбулентность, что можно объяснить разрушением анизометричных мицелл при больших механических напряжениях в потоке [22]. Следует отметить особенность течений растворов МПАВ, важную в практическом отношении: с ростом концентрации добавки число Re_{min} , определяющее минимальное значение коэффициента сопротивления, смещается в сторону больших значений. Следовательно, для расширения скоростной области проявления эффекта необходимо повышать концентрацию МПАВ в растворе.

Кроме этого, следует отметить, что величина снижения ГСТТ зависит от шероховатости поверхности – при неизменной концентрации ПАВ большему значению эквивалентной шероховатости K_s соответствует меньшее значение числа Re_{min} . В области $Re > Re_{min}$ происходит более резкое (по сравнению с гладкими трубками) возрастание коэффициента λ . Это свидетельствует о том, что шероховатость поверхности интенсифицирует процесс разрушения анизометричных мицелл [22].

Механическая деструкция. Экспериментальные исследования механической деструкции в растворах МПАВ проводились на специальном гидродинамическом стенде, подробно описанном в работе [17]. На рис. 3 приведены результаты исследования механической деструкции при различных температурах в водном растворе «метаупона» концентрации $C = 1,85\%$, *вес.* По оси абсцисс отложен расход жидкости q , а по оси ординат – потери давления ΔP_c во всей системе и на прямых участках (длиной 5 м) ΔP_1 и ΔP_2 , которые расположены на расстоянии 23 и 95 м от выхода из насоса, соответственно.

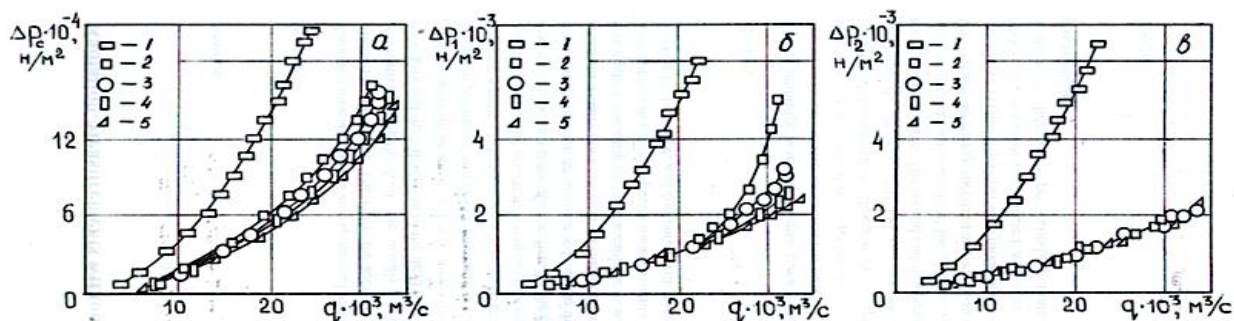


Рис. 3. Потери давления в системе (а) и на прямых участках (б – $l = 23$ м; в – $l = 95$ м) при течении воды (1) и раствора «метаупона» (2-5) концентрации $C = 1,85\%$, *вес.*, $C = 7,5\%$, *вес.*; 2-5 – температура раствора $T = 2, 3, 3, 5, 11$ и 13°C , соответственно. Данные работы [17]

Видно, что для данной концентрации «метаупона», которая превышает оптимальную, гидродинамическая эффективность раствора на расстоянии 95 м от насоса практически не зависит от температуры (все экспериментальные точки группируются возле одной кривой). Таким образом, увеличивая концентрацию МПАВ можно получать значительное снижение гидродинамического сопротивления трения при низких температурах.

Результаты расчета по относительному уменьшению перепада давления показывают, что величина эффекта во всей системе несколько меньше, чем на прямых участках. Это обусловлено наличием местных сопротивлений, на которых добавки МПАВ проявляют низкую гидродинамическую эффективность.

Таким образом, с точки зрения устойчивости к механической деструкции добавки МПАВ имеют неоспоримые преимущества перед полимерами. В отличие от последних

МПАВ, после прохождения через насосы, восстанавливают гидродинамическую эффективность (эффект «обратимой» деструкции). Данное обстоятельство открывает перспективы их практического применения в замкнутых трубопроводных системах, включающих насосы для перекачки жидких сред, а также в теплообменных аппаратах [22].

В Донецком национальном университете с использованием промышленной пасты «метаупон» был разработан состав основного хладоносителя со сниженным гидродинамическим сопротивлением турбулентного трения в напорных трубопроводах шахтной установки кондиционирования воздуха (ШУКВ) [23].

Как уже отмечалось ранее, введение в поток жидкости гидродинамически-активных добавок мицеллообразующих ПАВ приводит к уменьшению турбулентного теплообмена. Это может ухудшить тепловой режим работы холодильной установки. В связи с этим были проведены специальные исследования по влиянию добавок МПАВ на холодопроизводительность типового воздухоохладителя (типа АРВЭ) и жидкостного кожухотрубного теплообменников [24].

Авторы работы [24] установили, что в области малых расходов введение МПАВ приводит к уменьшению коэффициента теплоотдачи. В диапазоне рекомендуемых расходов ($20-35 \text{ м}^3/\text{час}$) в случае, если содержание МПАВ в хладоносителе не превышает $\sim 1,2\%$, коэффициент теплоотдачи практически равен коэффициенту K для воды, и введённые добавки практически не влияют на холодопроизводительность данного воздухоохладителя.

В связи с вышеизложенным, авторами работы [22] сделаны выводы, что влияние добавок МПАВ на работу теплообменных аппаратов накладывает определенные ограничения на верхний предел концентрации МПАВ в хладоносителе. Однако, с гидродинамической точки зрения, эти ограничения не существенны, т.к. в разработанном хладоносителе [23] оптимальная концентрация «метаупона» лежит в диапазоне $1,0 \div 1,85\%$.

Таким образом, результаты лабораторных исследований и натурных испытаний показывают возможность практического использования хладоносителей на основе мицеллообразующих поверхностно-активных веществ в замкнутых гидравлических системах централизованного холодоснабжения.

Выводы

1. Гидродинамически-активные добавки МПАВ могут успешно использоваться для повышения эффективности работы централизованных систем тепло- и холодоснабжения. За счет применения добавок существенно уменьшаются энергозатраты на транспортировку тепло- и хладоносителей, а для холодильных систем и на производство холода (за счет уменьшения диссипативных потерь).

2. Гидродинамическое проектирование теплообменных аппаратов систем тепло- и холодоснабжения необходимо проводить с учетом особенностей течения растворов гидродинамически-активных веществ через местные сопротивления и вдоль шероховатых поверхностей. Это позволит уменьшить, а в ряде случаев исключить влияние гидродинамически-активных добавок на температурный режим работы теплообменных аппаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повх И.Л. Техническая гидромеханика. Издание 2-е, переработанное и дополненное. Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), – 1976. – 504 с.
2. Повх И.Л., Ступин А.Б. Турбулентное течение и теплообмен жидкости с анизотропной вязкостью // В сб.: Тепломассообмен - VI. – Минск: ИТМО АН БССР, – Т. IV, часть 2. – 1980. – С. 95-103.
3. Пилипенко В.Н., Михайлу А.Г. Механизм снижения сопротивления и тепломассопереноса в турбулентных потоках с добавками различной природы // В сб.: Тепломассообмен – VI. – Минск: ИТМО АН БССР, – Т. VI, часть 2. – 1980. – С. 89-94.

4. Повх И.Л., Ступин А.Б. Турбулентный теплообмен при течении слабых растворов полимеров около твердой стенки // В сб.: Пристенное турбулентное течение, ч.2. – Новосибирск: ИТФ СО АН СССР. – 1975. – С. 224-231.
5. Повх И.Л., Ступин А.Б., Асланов П.В., Симоненко А.П. Влияние мицеллообразующих ПАВ на сопротивление и теплообмен в энергетических установках // В сб.: Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции «Тепломассообмен и моделирование в энергетических установках». – Тула: ТПИ, – Т. II. – 1979. – С. 260-261.
6. Михайлу А.Г., Пилипенко В.Н. Особенности влияния шероховатости и снижающих сопротивление добавок на турбулентный теплообмен // В сб.: Механика турб. потоков. – М: Наука. – 1980. – С. 318-330.
7. Повх И.Л., Ступин А.Б., Максютенко С.Н. и др. Турбулентный теплообмен в слабых растворах полимеров и поверхностно-активных веществ // В сб. Тепломассообмен-V. – Минск: ИТМО АН БССР, – Т. 7. – 1976. – С. 284-292.
8. Пилипенко В.Н. Трение и теплообмен при турбулентном течении слабых полимерных растворов в гладких трубах // Изв. АН СССР, Мех. жидкости и газа, – № 5. – 1975. – С. 53-59.
9. Седов Л.И., Иоселевич В.А., Пилипенко В.Н. Трение и теплообмен в пристенных турбулентных потоках жидкостей с полимерными добавками // В сб.: Турбулентные течения. – М: Наука. – 1977. – С. 7-19.
10. Povkh I.L., Stupin A.B., Maksjutenko S.N. et all. Turbulent Heat Transfer in dilute Surfactant of Polymer Solution // Heat Transfer – Soviet Research, Vol. 10, No. 1, 1978. pp. 98-105.
11. Хабахпашева Е.М., Перепелица Б.Н. Турбулентный теплообмен в слабых растворах полимеров // В сб.: Тепло- и массоперенос. – Минск: ИТМО АН БССР, – Т. 3. – 1972. – С. 387-395.
12. Хабахпашева Е.М. Течение и теплообмен водных растворов высокополимеров // Автореф. дисс. д-ра техн. наук. – Новосибирск: ИТФ СО АН СССР. – 1971. – С. 29.
13. Иоселевич В.А., Пилипенко В.Н. Логарифмический профиль скорости при течении слабого полимерного раствора у шероховатой стенки // Докл. АН СССР, – Т. 213, – № 6. – 1979. – С. 1266-1269.
14. Симоненко А.П., Дмитренко Н.А., Асланов П.В., Быковская Н.В. Основные закономерности эффекта Томса и влияние различных факторов на его величину // Вестник Автомобильно-дорожного института ДонНТУ. Донецк: АДИ ГОУ ВПО «ДонНТУ». 2016. № 2 (19). – С. 66-73. - ISSN 1990-7796.
15. Симоненко А.П., Дмитренко Н.А., Асланов П.В. Основные закономерности снижения гидродинамического сопротивления турбулентного трения в растворах мицеллообразующих поверхностно-активных веществ // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности: Материалы I Международной научной конференции (Донецк, 16-18 мая 2016 г.). – Том 1. Физико-математические, технические науки и экология / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета. – 2016. – С. 191-194.
16. Асланов П.В., Максютенко С.И., Повх И.Л., и др. Турбулентные течения растворов поверхностно-активных веществ // Механика жидкости и газа, – № 1. – 1980. – С. 36-43.
17. Повх И.Л., Ступин А.Б., Максютенко С.Н., Асланов П.В., Симоненко А.П. Особенности турбулентных течений растворов мицеллообразующих поверхностно-активных веществ // Механика турбулентных потоков. – М.: Наука. – 1980. – С. 44-69.
18. Повх И.Л., Ступин А.Б., Симоненко А.П. Применение поверхностно-активных веществ для уменьшения турбулентного трения жидкостей в технологических аппаратах // Аэродинамика в технологических процессах. – М.: Наука. – 1981. – С. 230-240.
19. Ступин А.Б., Бояркина Г.Г. Гидродинамическое сопротивление водных растворов метаупона // (рукопись деп. в ВИНТИ 12 апр. 1977 г., № 1366-77-Деп). – Донецк: Донецк. ун-т. – 1977. – С. 5.
20. Повх И.Л., Ступин А.Б., Бояркина Г.Г. Исследование гидродинамического сопротивления водных растворов полимеров и поверхностно-активных веществ в шероховатых трубах // Инженерно-физический журнал, – Т. 36, – № 1. – 1979. – С. 16-19.
21. Ступин А.Б., Бояркина Г.Г. Некоторые особенности течения растворов поверхностно-активных веществ и полимеров в шероховатых трубах // (Рукопись деп. в ВИНТИ 10 января 1978 г., № 160-78. Деп.). – Донецк: Донецкий ун-т. – 1978. – С. 17.
22. Симоненко А.П., Асланов П.В., Дмитренко Н.А., Гучмазова Т.К. Сопротивление трения и теплообмен в турбулентных потоках водных растворов гидродинамически-активных полимеров и поверхностно-активных веществ // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. – Донецк: ДонНУ, – № 1 (3). – 2019. – 11 стр. (в печати, принято в печать 07.11.2018 г.).

23. Повх И.Л., Ступин А.Б., Симоненко А.П. и др. А.с. СССР 798157, М. Клз С09 К5/00 // F 25В1/00 Хладоноситель /заявл. 19.02.1979; Бюл. № 3: Авт. свидет. СССР №2728478/23-06; опубл.: 23.01.1981 г.
24. Симоненко А.П., Асланов П.В., Костенко П.К. Тепловой режим работы шахтной установки кондиционирования воздуха при использовании хладоносителей со сниженным гидродинамическим сопротивлением трения // сб. Трудов второго международного научно-практ. семинара «Повховские научные чтения»/ Под общ. – Донецк: ДонНУ. – 2012. – С. 64-70.

УДК 53.088

Лебедь А.В., Беззуб С.С.
Научный руководитель: Пометун Е.Д., ст. пр.
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет

«ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОАНОМОМЕТРА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЕПЛОВОЙ ДЕЛЬТА- ФУНКЦИИ»

Резюме. Получены экспериментальные значения постоянной времени термоанемометра постоянной температуры при воздействии модели импульсного испытательного сигнала на датчик косвенным методом.

Ключевые слова: термопреобразователь, динамические характеристики, термоанемометр импульсный испытательный сигнал.

Введение

Одними из наиболее инерционных звеньев системы управления, как правило, являются первичные преобразователи физических величин в электрические сигналы. Определение динамических характеристик (ДХ) первичного преобразователя в динамических условиях является актуальной задачей, позволяющей оптимизировать технологические процессы и алгоритмы управления сложными объектами.

При измерении скорости газовых потоков широкое распространение получили термоанемометры (ТА) различного типа, в частности, ТА постоянной температуры. В качестве чувствительного элемента ТА, используются преобразователи нескольких типов, в том числе, на основе термисторов Epcos G550, имеющих высокую надежность и большую чувствительность к изменению температуры.

Теоретические методы определения постоянной времени измерительных преобразователей позволяют получить только качественную оценку динамических характеристик при изменении внешних условий (например, скорости потока).

Основная часть

Широкое использование термисторов в качестве первичных измерительных преобразователей температуры в различных областях науки, техники и в быту объясняется их большим температурным коэффициентом сопротивления (ТКС), малой инерционностью и сравнительно низкой стоимостью. К числу недостатков традиционно относят: нелинейность температурной зависимости сопротивления и отсутствие взаимозаменяемости из-за большого разброса номинального сопротивления и ТКС [1]. Для определения импульсной переходной характеристики используют импульсный испытательный сигнал, описываемый функцией по форме близкий к дельта – функции.

Дельта-функция (функция Дирака) – бесконечно короткий импульс с бесконечной амплитудой при нулевом значении аргумента функции [2]:

$$\delta(t-t_0) = \begin{cases} 0 & \text{при } t \neq t_0 \\ \infty & \text{при } t = t_0 \end{cases}. \quad (1)$$

По определению при $t = 0$ амплитуда равна бесконечности, т.е. это воздействие, бесконечно большой мощности в течение интервала времени, стремящемуся к нулю.

Единичная и дельта - функции связаны между собой следующими выражениями:

$$l(t-t_0) = \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t-t_0) dt, \quad (2)$$

$$\delta(t-t_0) = \frac{d[l(t-t_0)]}{dt}. \quad (3)$$

Спектральная плотность дельта - функции определяется из соотношения (1.4) и равна:

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t-t_0) e^{-j\omega t} dt = e^{-j\omega t_0}. \quad (4)$$

Причем $|F(\omega)| = 1$.

Графики временной и частотной моделей дельта-функции $\delta(t)$ показаны на рис. 1. Из них видно, что дельта-функция имеет спектр бесконечной ширины [2].

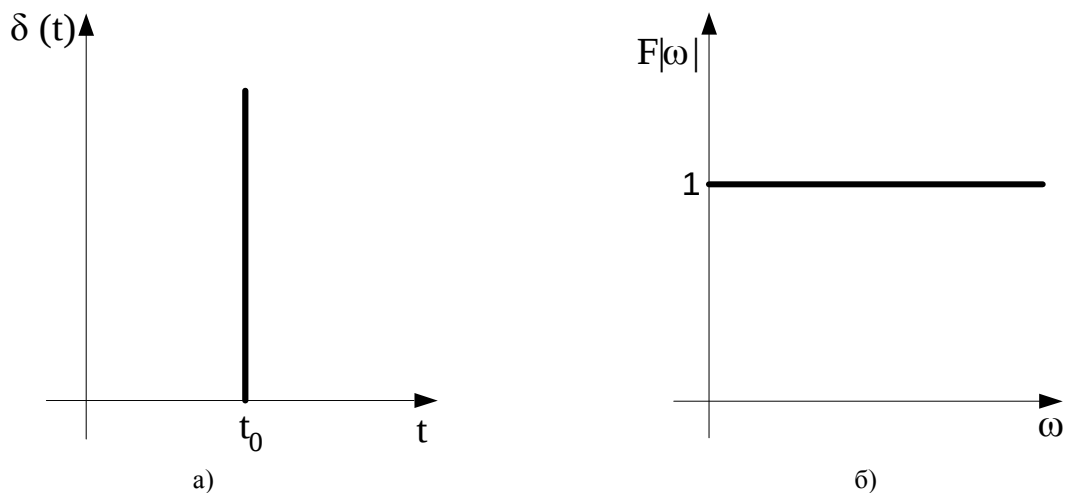


Рисунок 1 – Временная (а) и частотная (б) модели дельта-функции.

Косвенным способом исследования динамических характеристик термоанемометров посвящено множество работ, в работе [3] описан оригинальный способ, заключающийся в перегреве чувствительного элемента, включенного в одно плечо измерительного моста термоанемометра постоянной температуры и в подаче в данное плечо различной амплитуды прямоугольных импульсов тока. Типичная схема включения генератора прямоугольных импульсов (ГПИ) в измерительный мост термоанемометра постоянной температуры представлена на рисунке 2.

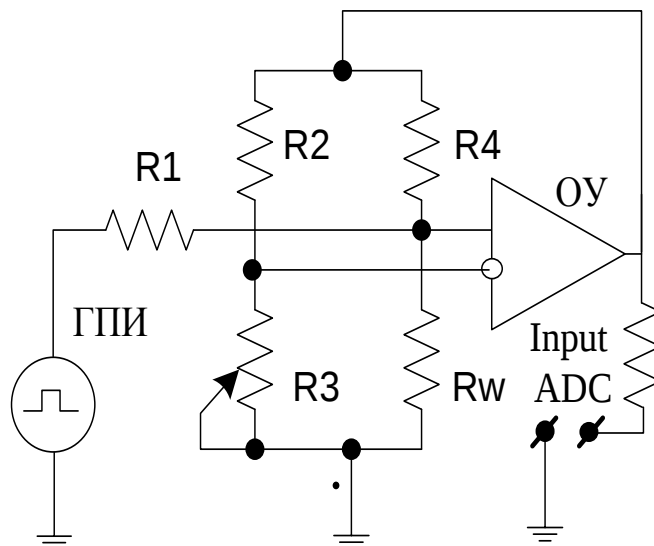


Рисунок 2 – Схема включения ГПИ в мост ТА ПТ для исследования ДХ косвенным способом.

Схема, представленная на рис. 3 состоит из резисторов (R_2, R_3, R_4) и эквивалентного сопротивления нагретого термопреобразователя (R_w). Постоянная температура термопреобразователя поддерживается цепью обратной связи, реализованной на операционном усилителе (ОУ). Установка температуры датчика (перегрева $T_w = 100^\circ\text{C}$) выполняется резистором R_3 . Параллельно датчику включен резистор R_1 , соединенный с генератором прямоугольных импульсов (ГПИ).

Частота следования импульсов выбиралась так, что время установления стационарного режима было меньше, чем полупериод следования импульсов. Начальный перегрев ЧЭ, (задаваемый резистором R_3) поддерживается током I_0 , протекающим через датчик. При точной настройке параметров обратной связи на стационарных участках осциллограмм, выполняется соотношение:

$$E_0 \equiv (R_w \pm \Delta R_w) \cdot (I_0 \mp \Delta I_0) \equiv R_w I_0. \quad (3.1)$$

При увеличении/уменьшении тока, питающего мост, резисторы R_2, R_3, R_4 не изменяют своего номинала, а сопротивление датчика R_w уменьшается/увеличивается, следовательно, баланс моста наступает только тогда, когда температура датчика изменится относительно заданной T_w .

Необходимо отметить, что процесс нагрева ЧЭ осуществляется от источника с низким выходным сопротивлением и, в основном, зависит от настроек параметров усилителя ОС, а при охлаждении датчика, значительную роль играет собственная тепловая инерция преобразователя [4]. Вследствие этого, постоянная времени при охлаждении ЧЭ значительно больше, чем при нагреве. С увеличением скорости обтекания датчика, постоянная времени, соответствующая охлаждению уменьшается значительно быстрее, чем постоянная времени нагрева. Время воздействия теплового импульса было выбрано значительно меньше, чем предполагаемая постоянная времени (τ) термопары.

Обработка выходного сигнала ТА ПС выполнялась по алгоритму, реализованному в программе LabVIEW [7], блок диаграмма виртуального прибора представлены на рис. 3

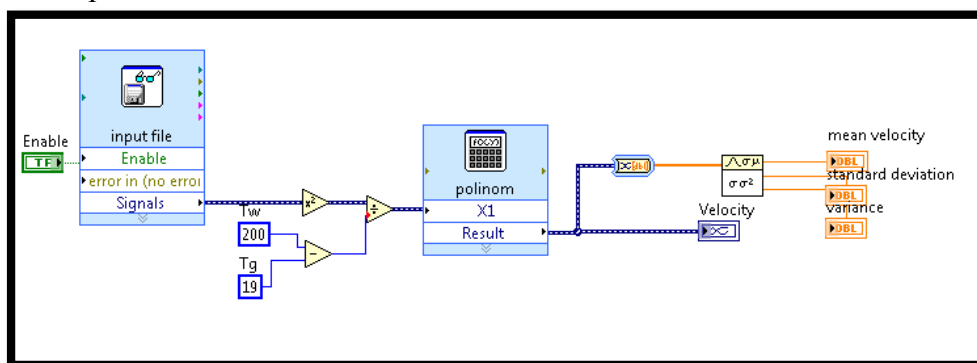


Рисунок 3 – Блок диаграмма ВП, для термокомпенсации выходного сигнала ТА ПС

Постоянная времени термоанемометра постоянной температуры, с термистором в качестве ЧЭ, косвенным методом. В соответствии, со схемой, приведенной на рис.1, в мост ТА ПТ от ГПИ подавались прямоугольные импульсы тока амплитудой: 4мА, 2мА, 1мА, 0.5мА. Датчик ТА располагался на срезе конфузора аэродинамического стенда, скорость потока изменялась в диапазоне от 0 м/с до 8 м/с, температура потока в процессе измерений не изменялась и была равна 22°C.

На рисунке 3 показано рабочее окно программы с результатами наблюдения. Необходимо отметить, что длительность переднего фронта (электрический нагрев датчика), в отличие от заднего фронта (конвективное охлаждение датчика), определяется настройками системы обратной связи.

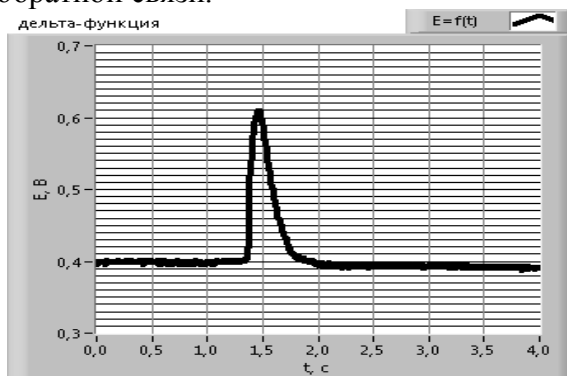


Рисунок 4 - Окно программы с полученными результатами наблюдения при воздействии импульсного сигнала со свойствами дельта-функции.

Полученные постоянные времени для термоанемометра постоянной температуры при воздействии импульсами тока амплитудой 4мА, 2мА, 1мА, 0.5мА, приведены на рисунке 4.

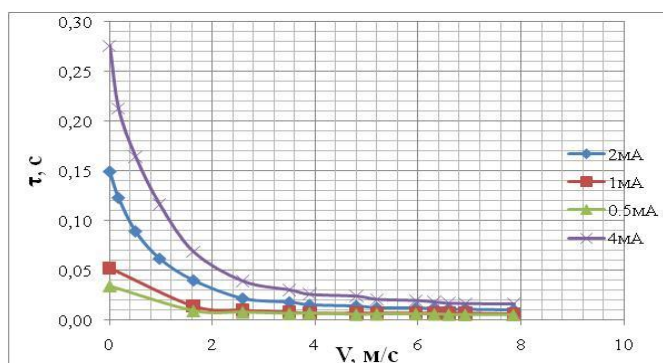


Рисунок 5 – Постоянные времени термоанемометра постоянной температуры с термистором в качестве ЧЭ.

Длительность заднего фронта сильно зависит от величины тока при скоростях от 0.1 м/с до 3 м/с. Например, при скорости потока, близкой к нулю, и при токе 2 мА, постоянная времени равна 0,14 с, а при 0.4 мА – 0.034 с. Эти оценки справедливы для конкретного экземпляра термистора – *Epcos G550*. Другие конструкции и термисторы могут давать значения постоянной времени отличающиеся от приведенных на рисунке 4.

Выводы: Выполнено экспериментальное исследование постоянной времени термоанемометра постоянной температуры с термистором *Epcos G550*, в качестве ЧЭ при воздействии тепловой дельта-функции косвенным методом. Данный способ был реализован путем подачи импульсов от ГПИ различной амплитуды в мост термоанемометра. Т.о., была выявлена сильная зависимость постоянной времени ТА от скорости потока до 3 м/с и амплитуды импульсов во всем диапазоне скоростей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Государственная система обеспечения единства измерений Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний. ГОСТ 6651-2009
2. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.: ил.
3. Патент СССР 1649454. Способ динамической градуировки термоанемометра. Авторы: Максютенко, Сендецкий, Савостенко. Опубликовано: 15.05.1991.
4. ГСИ. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений: ГОСТ 8.009 – 84 – Взамен ГОСТ 8.009 – 72. – [Введ. 01. 01.86.]. – М.: Стандартинформ, 2006. – 26 с.
5. Определение динамических характеристик аналоговых СИ с сосредоточенными параметрами: МИ 2090-90 [Введ. 01.01.90.]. – М. Из-во стандартов, 1990. – 34 с.
6. Пометун Е.Д., Лебедев В.Н. Исследование функций аппроксимации градуировочной характеристики термоанемометра в неизотермическом газовом потоке. Сборник научных трудов «Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе», №1(8)–2(9)'2015.
7. Графическое программирование. Создание виртуальных приборов в среде LabView: методические указания к лабораторным работам. / Сост. Т.В. Королёв. – Вологда: ВоГТУ, 2011. – 31 с.

УДК 317.315:33

Савельева Н.А.

*Научный руководитель: Пустынникова И.Н., к. пед. н., доцент
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет*

ПРОПЕДЕВТИЧЕСКИЙ КУРС ФИЗИКИ КАК ВИД ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ УЧАЩИМИСЯ 6 КЛАССОВ

Резюме. Рассматривается пропедевтическое изучение физики на уроках интегрированных курсов «Окружающий мир» (1-4 классы) и «Природоведение» (5 класс). Анализируются пропедевтические курсы физики для учащихся 5-6-х классов, разработанные и внедренные в учебный процесс ряда школ России. Подчеркивается, что основной задачей пропедевтического курса является развитие учащихся средствами физики как учебного предмета, приводится краткое содержание разработанного пропедевтического курса физики для шестых классов общеобразовательных организаций.

Ключевые слова: пропедевтика физики, межпредметные связи.

Вступление. Физика – наука о природе, изучающая наиболее общие и простейшие свойства материального мира. Она включает в себя как процесс познания, так и результат – сумму знаний, накопленных на протяжении исторического развития общества. Этим и

определяется значение физики в школьном образовании. Физика имеет большое значение в жизни современного общества и влияет на темпы развития научно-технического прогресса [1].

Любая рабочая программа дисциплины [2; 3] конкретизирует содержание предметных тем образовательного стандарта, дает распределение учебных часов по разделам курса, последовательность изучения разделов физики с учетом межпредметных и внутрипредметных связей, логики учебного процесса, возрастных особенностей учащихся, определяет минимальный набор демонстрационных опытов, лабораторных работ, календарно-тематическое планирование курса.

У большей части молодежи, к сожалению, изучение именно точных наук, и в частности физики, не вызывает интереса и представляет собой наибольшие трудности. Поддерживать преподавание математики, физики, на высоком уровне для многих общеобразовательных учреждений – сложная задача. Наука, главной целью которой является познание природы и реального физического мира, в школе становится донельзя абстрактной и удаленной от повседневного человеческого опыта. Физику, как и другие предметы, учат зубрёжкой, а когда в старших классах объём знаний, который необходимо усвоить, резко возрастает, всё зазубрить становится просто невозможно. Проблема содержания стандартного школьного курса по изучению любой естественной науки, в том числе и физики, не теряет своей актуальности сегодня. Важно понимать, что физика – это не только конкретные задачи и результаты, но и метод развития особого взгляда на природные явления, специфическое отношение к действительности и формирование мировоззрения. Не всегда зазубривание материала и «подгонка» задач под ответ ведет к пониманию предмета [4, с.33-35]. Целью преподавания физики в современной школе должна быть не зубрёжка материала, а развитие у учащихся способности наблюдать и размышлять, а также зарождение интереса к проблемам окружающего мира и к их решению. Физика должна научить детей вести наблюдения, классифицировать, связывать между собой явления и давать им объяснения.

Основная часть. Практически никто не задумывается, что изучение физики начинается не в седьмом классе, а с раннего детства, когда ребенок дошкольного возраста задает вопросы родителям: почему Солнце светит?, почему образуется тень?, почему мы видим радугу?, откуда берется солнечный зайчик? На некоторые вопросы отвечают родители, а на некоторые воспитатель в детском саду, изучая с детьми окружающий мир.

Затем изучение физики продолжается в школе при изучении предмета «Окружающий мир» (1-4 класс) [5] и предмета «Природоведение» (5 класс) [6]. Правда, эти предметы являются интегрированными; и знания, и умения, приобретаемые при их изучении, носят пропедевтический характер для следующих дисциплин: физики, биологии, географии, химии (пропедевтика – это введение в какую-либо науку, предварительный вводный курс, систематически изложенный в сжатой и элементарной форме). Поскольку, по мнению психологов, сензитивный период (период оптимального сочетания внутренних условий для развития определенных психических функций, свойств и процессов; в этот период усвоение идёт очень быстро, «с лёту») приходится на 5-6-ые классы, то при изучении физики в 7-9-х классах многие учащиеся не проявляют интерес к изучению нового предмета «Физика» [7].

Интегрированный курс «Окружающий мир» предоставляет широкие возможности для реализации внутрипредметных связей всех предметных линий, изучаемых в этом курсе. В процессе его изучения, расширяя и углубляя представления об объектах и явлениях окружающего мира, обучающиеся могут объединять информацию, используемую в дальнейшем в разных дисциплинах, разные способы и средства её отображения: в слове, в естественно-научном, историческом, математическом понятии, в рисунке [8].

Курс «Природоведение» в пятом классе продолжает аналогичный курс «Окружающий мир» начальной школы, одновременно являясь пропедевтической основой для изучения естественных наук: физики, химии, биологии, географии. Он также завершает изучение природы в рамках единого интегрированного предмета, поэтому в содержании курса большое внимание уделено раскрытию способов и истории познания природы человеком, представлены основные естественные науки, выделена специфическая роль каждой из них в исследовании окружающего мира, в жизни человека.

Курс природоведения, который является базовым предметом в формировании естественно-научных понятий, обладает неограниченными возможностями в формировании интеллектуальных умений, поскольку ученики непосредственно сталкиваются с различными предметами и явлениями в их натуральном виде, в моделях и в графическом изображении.

Основная цель учебного предмета «Природоведение» в пятом классе – формирование природоведческой компетентности учащихся через усвоение системы интегрированных знаний о природе и человеке, основ экологических знаний, усовершенствование способов учебно-познавательной деятельности, развитие ценностных ориентаций в отношении к природе [7, с. 4].

Пропедевтический курс не должен рассматривать то, что учащиеся будут изучать на уроках физики позже. Но подобранный материал должен как знакомить учащихся с тем, что их ждет при изучении физики в 7-9-х классах [3], так и расширять и углублять знания, закреплять умения и навыки, полученные на уроках предмета «Окружающий мир» (1-4 классы) и на уроках предмета «Природоведение» (5 класс). Материал пропедевтического курса должен быть изложен понятно и доступно, расширять кругозор учащихся, исключать дублирование материала начальной и основной школы. При этом пропедевтический курс должен представлять систематическое изучение предмета физика.

Подчеркнем еще раз, что ученики начинают знакомиться с элементами физики в 1-5-м классах на уроках «Окружающий мир» и «Природоведение». А вот «Физика» как предмет появляется в школьной программе с седьмого класса и в шестом классе возникает «перерыв» в усвоении данного предмета, в какой бы то ни было форме. Однако именно в седьмом классе у учащихся снижается интерес к процессу познания окружающего мира. Познавательным интересом называют избирательную направленность личности, обращенную к области познания, к ее предметной стороне и самому процессу овладения знаниями. Познавательные интересы учащихся к физике складываются из интереса к явлениям, фактам, законам; из стремления познать их сущность на основе теоретического знания, их практическое значение и овладеть методами познания – теоретическим и экспериментальным, приближающимися в старших классах к методам науки [8].

Возможно, физика интересовала бы учеников значительно больше, если бы они начали изучать данный предмет немного раньше. Этой же точки зрения придерживаются многие учителя-новаторы в России, которые предлагают начинать изучение физики уже в пятых классах. В частности, в учебный процесс внедрены программы пропедевтических курсов по физике, разработанные Г.Н.Степановой (102 ч) [9; 10] для учащихся 5-6-х классов; и по физике и химии, разработанные А.Е.Гуревичем (68 ч) [11; 12] для учащихся 5-6-х классов.

Пропедевтику можно отнести к определенному необходимому дидактическому условию, способствующему повышению эффективности учебно-воспитательного процесса. Она предполагает не только повторение, обобщение и систематизацию ранее полученных знаний на новом методологическом уровне, но и подготовку к изучению нового путем включения элементов знаний, полученных ранее, в новое содержание, а

также усложнение видов учебно-познавательной деятельности в условиях личностно-ориентированного обучения [13].

Важнейшей задачей преподавания различных предметов в общеобразовательных учреждениях, в том числе и физики, является формирование личности, способной ориентироваться в потоке информации в условиях непрерывного образования. Осознание общечеловеческих ценностей возможно только при соответствующем познавательном, нравственном, этическом и эстетическом воспитании личности. Физика является основой естествознания и современного научно-технического прогресса, что определяет следующие конкретные цели обучения:

- освоение знаний о механических, тепловых, электромагнитных и квантовых явлениях; величинах, характеризующих эти явления; законах, которым они подчиняются; методах научного познания природы и формирование на этой основе представлений о физической картине мира;

- развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей, самостоятельности в приобретении новых знаний при решении физических задач и выполнении экспериментальных исследований с использованием информационных технологий;

- воспитание убежденности в возможности познания природы, в необходимости разумного использования достижений науки и технологий для дальнейшего развития человеческого общества, уважения к творцам науки и техники; отношения к физике как к элементу общечеловеческой культуры;

- применение полученных знаний и умений для решения практических задач повседневной жизни, для обеспечения безопасности своей жизни, рационального природопользования и охраны окружающей среды [3].

Проанализировав информацию, которую учащиеся изучают в курсе «Окружающий мир» [5] и курсе «Природоведение» [6], и ту, которую они начнут изучать по «Физике» с седьмого класса [3], можно предложить учителям начать знакомство детей с физикой в шестых классах общеобразовательных организаций во внеурочное время. При этом пропедевтический курс физики должен быть основан не на простом зазубривании материала, а на его понимании, связи с повседневной жизнью и, конечно, применении полученных знаний на практике. Теоретический материал должен быть доступен для понимания, осознания, усвоения шестиклассниками. Он должен содержать и историческую информацию (происхождение единиц измерений различных величин, историю изобретений физических приборов, биографии ученых). При этом материал не должен повторять ни то, что изучено в 1-5-х классах, ни то, что будет изучаться в 7-11-х классах.

Изучение разработанного нами пропедевтического курса «Физика» для учащихся шестых классов общеобразовательных организаций начинается не на абстрактном, а на конкретном уровне, основанном на непосредственном наблюдении и эксперименте. Это позволяет реализовать деятельностное обучение: предполагается проведение лабораторных работ исследовательского характера. Часто исследования выступают перед учащимися в качестве условия или решения занимательной задачи. На занятиях применяются коллективные, индивидуальные и групповые формы работы. Учащиеся рассматривают темы «Зачем нужны измерения», «Что такое движение», «Мир света», «Мир электричества и магнетизма», «Давление». Например, при прохождении темы «Зачем нужны измерения» учащиеся повторяют и изучают единицы измерения длины; правила измерения длины; измеряют площадь парты; повторяют и изучают понятия массы и веса, их единицы измерения; учатся пользоваться лабораторными весами и динамометром; знакомятся с различными приборами для измерения времени; с термометрами и различными температурными шкалами.

По нашему мнению, при изучении пропедевтического курса физики целесообразно использовать исторический подход к раскрытию понятий, показывая, как разрешаются противоречия и делаются открытия. Учащиеся по-другому воспринимают материал, если видят, что за определениями, законами и понятиями стоят конкретные люди.

Выводы. Учебная мотивация эффективно создается, если школьники занимаются исследовательской деятельностью на уроках и во внеурочное время, создавая интересные проекты. Исследовательская деятельность ставит ученика в условия исследователя, на место ученого или первооткрывателя. Именно исследовательский подход в обучении делает ребят участниками творческого процесса, а не пассивными потребителями готовой информации. Исследовательская деятельность позволяет вооружить ребенка необходимыми знаниями, умениями, навыками для освоения стремительно нарастающего потока информации [14]. Пропедевтика естественнонаучных знаний является важным дидактическим условием преемственности обучения в системе непрерывного естественнонаучного образования. Естественнонаучные дисциплины формируют у ребенка естественнонаучную картину мира, которая определяет положение и роль человека в этом мире, поэтому они требуют опережающего изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гульчевская В.Г. Педагогические основы современного образования. – Ростов-на-Дону: РО ИПКиПРО, 2009. 150 с.
2. Программа для общеобразовательных учреждений, Физика. Астрономия. – Москва. – Дрофа, 2011. – 336 с.
3. Физика: 7-9 кл.: Примерная программа основного общего образования для общеобразоват. организаций Донецкой Народной Республики / сост. Охрименко Н.А., Литвиненко И.Н., Лысенко М.М., Остапенко А.В., Поступаев А.А., Свичкарь Л.Л., Щebetун Л.В. – 2-е издание, доработанное. – ГОУ ДПО «Донецкий РИДПО». – Донецк: Истоки, 2018. – 24 с.
4. Проблемы преподавания математики, физики и информатики в ВУЗе и средней школе: матер. науч.-практ. конф. / Воронеж. гос. ун-т инж. технол. – Воронеж.: ВГУИТ, 2015. – 91 с.
5. Окружающий мир: 1-4 кл: программа для общеобразоват. Организаций / сост. Грабовая Г.С., Седова Н.Н., Полищук Е.Н., Калафат О.В. – 2-е издание, доработанное. – ГОУ ДПО «Донецкий РИДПО». – Донецк: Истоки, 2017. – 104 с.
6. Природоведение: 5 кл. : Примерная программа основного общего образования для общеобразоват. организаций Донецкой Народной Республики / сост. Панкина В.Е., Криворучко Н.А., Харченкова О.Н., Герман О.И. – 3-е издание, доработанное. – ГОУ ДПО «Донецкий РИДПО». – Донецк: Истоки, 2018. – 16 с.
7. Ткачук О.Р. Пути усиления естественно-научной направленности образования учащихся 5-6 классов на основе введения пропедевтического курса физики: Дис. канд. пед. наук – М., 1999. – С. 10-19.
8. Афанасьева С. Е. Развитие познавательного интереса у учащихся при изучении физики. URL: <https://kopilkaurokov.ru/fizika/prochee/razvitiie-poznavatiel-nogho-intieriesa-u-uchashchikhsia-pri-izuchienii-fiziki> (дата обращения: 17. 02. 2018).
9. Степанова Г. Н. Программа пропедевтического курса физики «Физика с пятого класса». URL: <https://www.eduspb.com/old/stepanova/5programm.html> (дата обращения: 16. 02. 2018).
10. Степанова Г. Н. Программа пропедевтического курса физики «Физика с шестого класса». URL: <https://www.eduspb.com/old/stepanova/6programm.html> (дата обращения: 16. 02. 2018).
11. Гуревич А.Е. Программа «Физика и химия. 5–6 классы». URL: <https://multiurok.ru/files/proghramma-propiedievtichieskogho-kursa-fizika-khi.html> (дата обращения: 17. 02. 2018).
12. Гуревич А. Е., Исаев Д. А., Понтанк Л. С. Физика. Химия. 5-6 класс. – М.: Дрофа, 2011. – 192 с.
13. Активизация познавательной деятельности учащихся при изучении физики. Пособие для учителей. – М.: Просвещение, 1983. – 160 с.
14. Внеклассная работа по физике / Авт.-сост.: В.П. Синичкин, О.П. Синичкина. – Саратов: Лицей, 2002. – 208 с.

Сенина К.Д.
Научные руководители: Симоненко А.П., д.т.н., профессор,
Артемова И.А., аспирантка
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет

О НЕОБХОДИМОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТА ТОМСА

Резюме. В настоящей статье показана необходимости совершенствования метрологического обеспечения экспериментальных исследований явления снижения гидродинамического сопротивления турбулентного трения жидкостей в напорных трубопроводах путем введения гидродинамически-активных высокомолекулярных полимеров (эффект Томса). Выполнение требований законов метрологии позволит оптимизировать используемые методы и средства измерений с целью обеспечения их единства и достижения требуемой точности.

Ключевые слова: снижение гидродинамического сопротивления турбулентного трения, высокомолекулярные полимеры, интегральные характеристики, тонкая структура турбулентности, погрешности измерений.

Состояние вопроса. Современное развитие гидродинамики характеризуется поиском эффективных способов управления процессами переноса импульса, тепла и вещества в турбулентных потоках жидкостей. Особый интерес представляют результаты исследований, связанные с переносом импульса, т.к. его уменьшение приводит к снижению гидродинамического сопротивления турбулентного трения (ГСТТ).

С точки зрения понимания механизма воздействия гидродинамически-активных добавок на турбулентность и большими перспективами практического использования наибольший интерес представляет эффект Томса, в основе которого лежит явление снижения ГСТТ добавками гидродинамически-активных высокомолекулярных полимеров (ВП) с линейной структурой макромолекул.

Обзор работ, посвящённых исследованию эффекта Томса, показывает, что в ряде случаев исследователи нарушают законы метрологии – науки об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Это не позволяет в полной мере сравнить полученные различными авторами результаты, приводит к ошибочным выводам при объяснении механизма воздействия микродобавок ВП на турбулентность, обесценивает практические рекомендации по гидродинамическому проектированию гидравлических систем, в которых предполагается применение явления снижения ГСТТ.

С целью исключения изложенных выше недостатков исследователям эффекта Томса необходимо выполнять требования Закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» от 27 апреля 1993 года № 4871-I.

Цель работы – на основе имеющихся публикаций по основным закономерностям эффекта Томса, используемым методам и средствам экспериментальных исследований явления снижения гидродинамического сопротивления турбулентного трения микродобавками ВП показать необходимость совершенствования метрологического обеспечения исследований и определить из известных методы и средства, которые соответствуют требованиям законов метрологии.

Используемые методы и средства измерений. В большинстве публикаций авторы работ приводят результаты экспериментальных исследований влияния микродобавок ВП на

гидродинамическое сопротивление турбулентного трения, полученные с применением турбулентных реометров – установок разомкнутого цикла, основным рабочим узлом которых являются капилляры с внутренним диаметром 1-3 мм. При этом коэффициент гидродинамического сопротивления турбулентного трения λ , с учетом измеренного времени истечения t определенного (заданного) объема жидкости V , вычисляется по формуле:

$$\lambda = \frac{\pi^2 d^5 t^2 \Delta P}{g l \rho V^2}, \quad (2)$$

где d, l – диаметр и длина используемого капилляра, ρ – плотность исследуемой жидкости, ΔP – перепад давления на концах капилляра.

В работе [9] приведены принципиальные схемы турбулентных реометров различных конструкций и подробно описаны принципы их работы.

В ряде публикаций для исследования турбулентных течений растворов ВП со сниженным гидродинамическим сопротивлением трения авторы использовали установки с коаксиальными цилиндрами, принципиальная схема которых приведена на рис. 1.

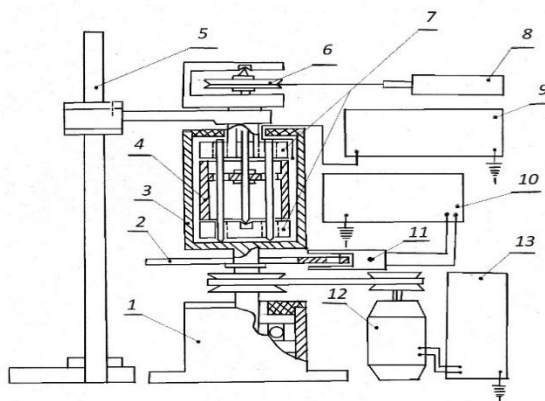


Рис. 1 Схема экспериментальной установки с коаксиальными цилиндрами.

Установка состоит из стакана 3 (внешнего цилиндра), ось которого закреплена в блоке подшипников 1. Стакан приводится во вращение электродвигателем 12, угловая скорость которого регулируется лабораторным автотрансформатором 13 и измеряется с помощью частотомера 10. На валу внешнего цилиндра (стакана) 3 закрепляется кольцо 2 с тридцатью отверстиями, расположенными равномерно по окружности. Лампочки подсветки и датчик частотомера 11 расположены так, чтобы при вращении стакана отверстия в кольце поочередно открывали свет лампочки, идущий на датчик. Частотомером регистрируется частота f появления экрана между лампочкой и датчиком, а по формуле:

$$\omega = \frac{f}{30} \quad (3)$$

рассчитывалась угловая скорость ω вращения цилиндра. Линейная скорость U точек внутренней поверхности стакана вычислялась по формуле

$$U = \omega \cdot R, \quad (4)$$

где R – внутренний радиус внешнего цилиндра (стакана).

Внутри вращающегося стакана соосно с ним крепятся на расстоянии 1 мм друг от друга три цилиндра. Высота верхнего и нижнего цилиндров 7 равняется 20 мм. Средний цилиндр 4 высотой 40 мм изготавливается полым. Верхний и нижний цилиндры 7 устанавливаются с целью устранения концевых эффектов на цилиндре 4, который

закрепляется на стержне с впаянными на концах иглами и имеет возможность поворачиваться на 120° в рубиновых камнях.

При вращении внешнего цилиндра находящаяся в зазоре исследуемая жидкость закручивается и на среднем цилиндре 4 возникает крутящий момент, который измеряется датчиком силы 8 через блок 6 с намотанной на нем нитью.

Коэффициент момента гидродинамического сопротивления C_m рассчитывается по формуле:

$$C_m = \frac{\tau}{\rho U^2} = \frac{M}{\rho \omega^2} \cdot \frac{1}{2\pi R^2 H_0}, \quad (5)$$

где τ – среднее значение напряжений сил трения на омываемой стенке цилиндра 4, ω и R – угловая скорость вращения и внутренний радиус наружного цилиндра, H_0 – высота внутреннего цилиндра 4, ρ – плотность исследуемой жидкости, M – момент сил гидродинамического сопротивления трения.

Число Рейнольдса обычно определяется из соотношения

$$Re = \frac{U\delta}{\nu} = \frac{\omega R \cdot \delta}{\nu}, \quad (6)$$

где δ – ширина зазора между вращающимся и контрольным цилиндром 4, ν – кинематическая вязкость исследуемых жидкостей.

Установки с коаксиальными цилиндрами, в отличие от турбулентных реометров, позволяют исследовать процессы механической деструкции полимерных растворов в условиях постоянного во времени сдвига.

Подробно принципиальные схемы установок с коаксиальными цилиндрами различных модификаций приведены в работах [9,15].

Лазерный доплеровский измеритель скорости (ЛДИС). Примером оптимального использования для исследования тонкой структуры турбулентности эффекта Томса является ЛДИС.

Скорость потока жидкости в измерительном объеме определяется по формуле:

$$U = \frac{\lambda \cdot fg}{2 \sin \frac{\theta}{2} \cdot \cos \alpha} \cdot \frac{m}{c}, \quad (7)$$

где λ – длина волны лазерного луча, m ; fg – измеренная при помощи ЛДИС частота доплеровского сигнала, c^{-1} ; θ – угол между лазерными лучами, которые пересекаются; α – угол между осью, перпендикулярной биссектрисе угла лазерных лучей, которые пересекаются, и вектором измеряемой скорости $\vec{U}$.

Однако, следует заметить, что описанные в работах [16,10] оптические блоки ЛДИС могут использоваться только для измерений при течении жидкостей в каналах с плоскопараллельными стенками.

Авторами работы [18,19] усовершенствованы оптический блок и устройство для его перемещения, применение которых позволяет проводить исследования на трубах цилиндрической формы и на различных местных сопротивлениях (рис. 2,3).

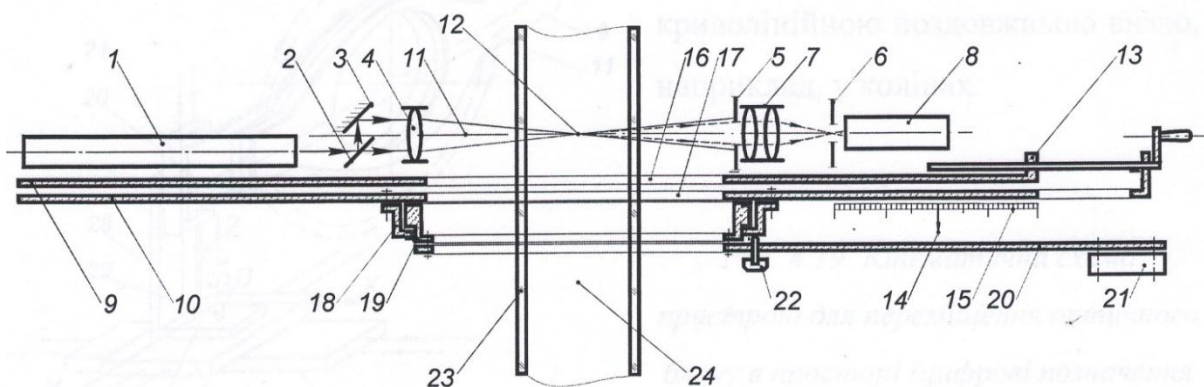


Рис. 2. Схема оптического блока ЛДИС [16]: 1 – лазер; 2 – устройство расщепления луча; 3 – отражающее зеркало; 4 – фокусирующая линза; 5 и 6 – диафрагмы; 7 – собирательный объектив; 8 – фотоприемник; 9 – панель; 10 – платформа; 11 – оптическая ось; 12 – измерительный объем; 13 – червячная передача; 14 – стрелка; 15 – шкала; 16 и 17 – отверстия соответственно в панели и платформе; 18 и 19 – соответственно подвижная и неподвижная обоймы подшипника; 20 – несущая пластина; 21, 25 и 26 – плиты координатного устройства, которые могут перемещаться вдоль осей Z, X и Y соответственно; 22 – стопорный винт; 23 – труба с прозрачными стенками; 24 – ось трубы; 27 и 28 – плиты, установленные с возможностью вращения вокруг оси Z; 29 – материальная ось.

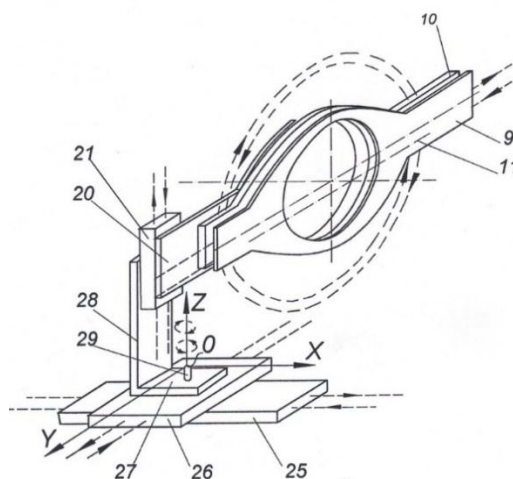


Рис. 3 – Кинематическая схема устройства для перемещения оптического блока в пространстве (цифровые обозначения приведены под рис. 2) [16]

Принцип работы оптического блока и устройства для его перемещения подробно описан в работе [16].

Оценка погрешности измерений. Автором работы [10] проанализированы факторы, влияющие на точность определения скорости с помощью ЛДИС. Исходя из формулы, связывающей скорость течения U с доплеровской частотой f_g , относительную погрешность измерения можно представить в следующем виде:

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{\Delta \lambda_0}{\lambda_0} + ctg \frac{\theta}{2} \Delta \frac{\theta}{2} + ctg \alpha \Delta \alpha + \frac{\Delta f_g}{f_g}. \quad (8)$$

Первый член $\frac{\Delta \lambda_0}{\lambda_0}$ этого равенства представляет собой возможную ошибку измерения за счет неточности определения длины волны лазерного излучения. Им можно пренебречь, поскольку при ширине спектра излучения лазера 1500 МГц и частоте излучения $4,74 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ величина $\frac{\Delta \lambda_0}{\lambda_0} \approx 3 \cdot 10^{-6}$. Рассчитанная по общепризнанной методике

ошибка определения угла θ при $\theta/2 \approx 3,5^\circ$ составила $5 \cdot 10^{-3}$, а погрешность в измерении угла α , при значениях $\alpha \approx 90^\circ$ не превышает 10^{-3} . Отметим, что обе эти погрешности являются систематическими. Поэтому основной вклад в относительную погрешность измерения величины U вносит ошибка определения доплеровской частоты.

В целом, оценка относительной погрешности определения дифференциальным ЛДИС осредненной и пульсационной скоростей дает соответственно следующие значения: 0,5 и 5 % для способа спектрального анализа доплеровского сигнала (ЛДИС-Д1); 0,9 и 3 % - для способов дискретного анализа и сложения за частотой (ЛДИС "Альфа" и ЛДИС-55-L-Mark-2).

При анализе экспериментального материала используются значения динамической U_* и расходной скорости, коэффициента кинематической вязкости раствора ϑ , линейные размеры y , δ , H , плотность раствора ρ и касательное напряжение трения на стенке τ_w , вычисленные из измеренных в процессе экспериментов величин (потери напора на трение на участке канала длиной l , объемный расход жидкости Q и т.п.). Расчеты относительной погрешности определения указанных величин дали следующие результаты:

$$\begin{aligned}\frac{\Delta H}{H} &= \frac{0,1}{10} \cdot 100 = 1\%; & \frac{\Delta y}{y} &= \frac{0,025}{(0,1 \div 10)} \cdot 100 = (25 \div 0,25)\%; \\ \frac{\Delta \delta}{\delta} &= \frac{0,05}{(0,3 \div 2)} \cdot 100 = (16,7 \div 2,5)\%; & \frac{\Delta l}{l} &= \frac{0,001}{0,8} \cdot 100 = 0,2\%; \\ \frac{\Delta(\Delta P)}{\Delta P} &= \frac{1}{(5 \div 70)} \cdot 100 = (20 \div 1,5)\%; & \frac{\Delta U_p}{U_p} &= 1\%; \quad \frac{\Delta \vartheta}{\vartheta} = 0,1\%; \\ \frac{\Delta \rho}{\rho} &= 0,1\%; & \tau_w &= \frac{H}{2l} \Delta P; \\ \frac{\Delta \tau_w}{\tau_w} &= \frac{\Delta H}{H} + \frac{\Delta(\Delta P)}{\Delta P} + \frac{\Delta l}{l} = 1 + (20 \div 1,5) + 0,2 = (21,2 \div 2,7)\%; \\ U_* &= \sqrt{\tau_w / \rho}; \quad \frac{\Delta U_*}{U_*} = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta \tau_w}{\tau_w} + \frac{\Delta \rho}{\rho} \right) = \frac{(21,2 \div 2,7) + 0,1}{2} = (10,6 \div 1,4)\%;\end{aligned}$$

Выводы. 1. Обзор работ по экспериментальному исследованию эффекта Томса показал, что исследователи используют различные методы и средства. Это не позволяет в полной мере сравнивать полученные результаты, приводит к ошибочным выводам при объяснении механизма воздействия добавок ВП на турбулентность, обесценивает практические рекомендации по гидродинамическому проектированию гидравлических систем, в которых предполагается применение явления снижения ГСТТ.

2. При исследовании потоков жидкости с гидродинамически-активными добавками необходимо учитывать их влияние на работу измерительных приборов.

3. В качестве примера показана целесообразность использования установки с коаксиальными цилиндрами для исследования процессов механической деструкции снижающих турбулентное трение макромолекул ВП по сравнению с турбулентными реометрами, а ЛДИС – при исследовании тонкой структуры турбулентности потоков жидкостей со сниженным гидродинамическим сопротивлением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

14. Симоненко А.П. Гидродинамически-активные композиции на основе полимеров и поверхностно-активных веществ для решения проблем экологической безопасности и энергосбережения: дис. ... д-ра техн. наук: 21.06.01. – Донецк, 2013. – 397 с.

15. Симоненко А.П. Турбулентное трение и теплообмен хладоносителей добавками мицеллообразующих поверхностно-активных веществ [Текст]: дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 01.02.05 / Симоненко Александр Петрович, науч. рук. Повх И.Л., Ступин А.Б.; Донецкий гос. ун-т. - Донецк: ДонГУ, - 1986, 128 л.

16. Чернюк В.В. Регулювання інтегральних параметрів напірних потоків рідин гідродинамічно-активними додатками [Текст]: дис. на здобут. вчен. ступ. докт. техн. наук: 05.23.16 / Чернюк Володимир Васильович/ ДУ «Львівська політехніка», - Львів, - 2010. – 310 л.

17. Асланов П.В. Особенности влияния добавок мицеллообразующих веществ на структуру турбулентных потоков жидкости [Текст] : дис. на соиск. учен. степ. канд. физ.-мат. наук : 01.02.05 / Асланов Петр Васильевич; науч. рук. А.Б. Ступин ; Донецкий гос. ун-т. - Донецк : ДонГУ, - 1986. - 186 л.

18. А.с. СССР, МКИ G 01P 3/36 Лазерный доплеровский измеритель скорости потока жидкости/ А.С. Никифоров, А.В. Бонг-Бруевич, В.В. Чернюк и др. (СССР) - № 4748 853/10; Заявл. 16.10.89; опубл. 23.09.91, Бюл. №35

19. Чернюк В.В. Лазерний доплерівський вимірювач швидкості рідини в круглих трубопроводах / В.В. Чернюк // Вісн. Держ. ун-ту «Львівська політехніка. Теплоенергетичні системи та пристрої», - Львів; ДУ ЛП. – 1993. – №273.- С. 49-56

УДК 004.93'12

Стародуб А.В.
Научный руководитель ст. препод. кафедры РФ и ИКТ Бабичева М.В.
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет

СИСТЕМА РАЗПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТИ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ

Резюме Разработана система распознавания объектов повышенной опасности в режиме реального времени. Выбран алгоритм обнаружения объектов с помощью нейронной сети, разработаны архитектура нейронной сети, интерфейс и алгоритм работы приложения, произведено тестирование на достоверных изображениях и макетах опасных предметов, результаты тестирования проанализированы и предложены шаги по улучшению характеристик системы.

Ключевые слова: распознавание объектов в реальном времени, распознавание объектов повышенной опасности, сверточные нейронные сети, Tensorflow, Python.

Введение. В данный момент, весьма остро стоит вопрос безопасности практически любого учреждения, а также информации с которой оно работает. Помимо удаленного взлома сети, злоумышленники могут применить бесчисленное количество вариантов с использованием метода грубой силы, что в большинстве случаев приводит к жертвам среди сотрудников и нередко среди посторонних людей. И хотя на сегодняшний день системы видеонаблюдения весьма распространены и многофункциональны, однако человек до сих пор остается ключевым звеном такого рода систем, именно он принимает окончательные решения. Разработанная программа, поможет минимизировать человеческие ошибки и снизить время реакции на опасность, благодаря реализации нейросетевого компьютерного зрения [1].

Программа реализована на базе ОС Windows 10, но в последствии, систему можно перенести на ряд других платформ. Финальный вариант проекта был протестирован на макетах максимально приближенных к реальным объектам.

Архитектура

Был проведен предварительный анализ, по результатам которого выявлен лучший, с точки зрения гибкости и качества распознавания, тип машинного обучения, а именно сверточные нейронные сети. Это один из лучших алгоритмов по распознаванию и классификации изображений, реализующий удобное распараллеливание вычислений, а,

следовательно, возможность реализации алгоритмов работы и обучения сети на графических процессорах [2, 3].

Для распознавания были выбраны четыре типа объектов повышенной опасности: нож, пистолет, автомат и граната. Это четыре класса по которым будет проводиться распознавание. В последствии количество типов можно увеличить, но потребуются более мощные устройства либо оптимизация.

В некоторых случаях даже натренированный человек не может точно определить, какой именно предмет на фото или видео, что уж говорить о машине. Тем не менее мы можем классифицировать предмет с какой-то вероятностью и в случае, когда эта вероятность выше определённого порога, можно утверждать, что предмет относится к одному из четырех классов.

Алгоритм работы программы:

- 1) Активация камеры
- 2) Из видеопотока выбирается кадр
- 3) Изображение подается на вход нейронной сети
- 4) Нейронная сеть обнаруживает или не обнаруживает объект(ы) распознавания на кадре (в случае обнаружения, указывается вероятность, с которой распознанная часть кадра соответствует выбранному классу)

Стоит заметить, что для обработки каждого кадра по вышеперечисленному алгоритму, при этом не отставая от самого видеопотока, тем самым сохраняя актуальность обрабатываемых изображений, необходимы внушительные вычислительные ресурсы, поэтому, в целях оптимизации, возможно пропускать кадры из видеопотока, т.к., чаще всего, изображение не сильно разнится между соседними кадрами, что можно успешно использовать. Так же, для уменьшения потребляемых ресурсов, каждое извлеченное изображение представляется в градациях серого, что существенно упрощает его последующую обработку.

Архитектура разработанной нейронной сети, представлена на рисунке 1.

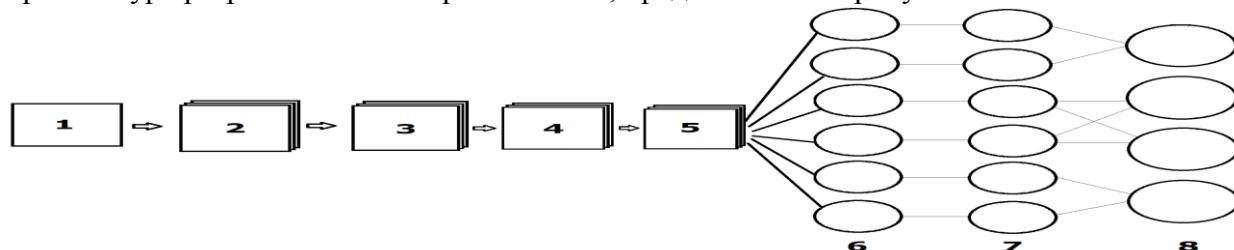


Рисунок 1 Архитектура нейронной сети.

В разработанной архитектуре использовались следующие слои:

- 1) Входной слой 48×48
- 2) Сверточный слой 44×44 (ядра 5×5)
- 3) Пулинг слой 22×22 (ядра 2×2)
- 4) Сверточный слой 18×18 (ядра 5×5)
- 5) Пулинг слой 9×9 (ядра 2×2)
- 6) Полносвязный слой 6 нейронов
- 7) Полносвязный слой 90 нейронов
- 8) Выходной слой 4 нейрона

Обучение. В качестве данных для обучения выступают изображения опасных предметов. На изображениях либо присутствует объект, соответствующий одному из четырех классов, либо несколько объектов из разных классов, либо несколько объектов одно и того же класса, либо объект, имеющий сходства с любым из распознаваемых классов, последний вариант помогает программе не распознавать сторонние объекты как соответствующие одному из классов. Затем данные распределяются на тренировочную

выборку, которые будут использоваться для корректировки весов, и тестовую выборку, с помощью которой проверяется качество распознавания на определённом этапе.

Обучение производится на заранее размеченных изображениях, то есть изображениях, с отмеченными на них программно, объектами, которые соответствуют одному из классов. Для обучения использовались коллекции из 450 изображений предметов каждого класса.

Нейронной сеть в случайном порядке принимает изображения из группы для тренировки, затем выдает результат, распознавая или не распознавая объект на изображении. Результат работы сравнивается с реальным и затем производится корректировка весов по алгоритму Левенберга-Марквардта [4, 5].

Написание программы. После разработки алгоритма была реализована программа на языке программирования Python [6]. Разработано GUI приложение, позволяющее распознавать ОПО анализируя видеопоток с веб-камеры. В разработке применялась библиотека Tensorflow, благодаря своей производительности и масштабируемости. Интерфейс приложения представлен на рисунке 2. Предполагаемый объект повышенной опасности выделяется рамочкой с указанием вероятности распознавания в процентах.



Рисунок 2 Интерфейс приложения для распознавания объектов повышенной опасности.

Тестирование. Первичное тестирование проводилось на видео, с изображением различных предметов, в том числе и повышенной опасности для определения слабых мест, и последующего их устранения. Однако для окончательного теста были взяты достоверные макеты объектов повышенной опасности, которые позволили приблизить тестирование к реальным условиям. Предметы лежали на столе, были видны полностью в руке, зажаты характерным хватом, когда видно 80 и 60% предмета. Тестирование проводилось при разном освещении - нормальном и тусклом. НО – нормальное освещение, ТО – тусклое освещение (отличается от нормального приблизительно на 40%).

Для тестирования использовался стенд:

CPU – Intel Core i7-5700HQ

GPU – NVidia GeForce GTX 960M (2 Гб GDDR5)

RAM – 12 Гб DDR3L-1600 МГц

Web Cam – HD (1080*720)

В таблице 1 приведены результаты тестирования проекта в разных условиях.

Таблица 1

Результаты распознавания для четырех классов опасных предметов

Эксперимент	Профиль				Фас			
	Нож	Пистолет	Автомат	Граната	Нож	Пистолет	Автомат	Граната
1 м. (НО)								
На столе	40/40	40/40	40/40	39/40	37/40	40/40	40/40	39/40
В руке	40/40	39/40	40/40	39/40	39/40	39/40	40/40	39/40
Видно 80%	39/40	39/40	40/40	39/40	37/40	40/40	40/40	40/40
Видно 60%	38/40	37/40	38/40	37/40	36/40	38/40	39/40	37/40
3 м. (НО)								
На столе	39/40	39/40	40/40	38/40	38/40	40/40	40/40	39/40
В руке	40/40	39/40	39/40	38/40	39/40	39/40	40/40	37/40
Видно 80%	39/40	39/40	39/40	38/40	37/40	40/40	39/40	38/40
Видно 60%	38/40	38/40	39/40	38/40	34/40	38/40	38/40	38/40
1 м. (ТО)								
На столе	38/40	40/40	40/40	39/40	37/40	40/40	40/40	39/40
В руке	40/40	40/40	39/40	37/40	39/40	40/40	40/40	37/40
Видно 80%	38/40	38/40	40/40	39/40	36/40	39/40	40/40	38/40
Видно 60%	38/40	38/40	38/40	38/40	35/40	38/40	39/40	37/40
3 м. (ТО)								
На столе	37/40	37/40	38/40	38/40	37/40	37/40	38/40	37/40
В руке	38/40	37/40	39/40	37/40	38/40	38/40	38/40	37/40
Видно 80%	36/40	36/40	36/40	35/40	32/40	37/40	38/40	36/40
Видно 60%	35/40	36/40	36/40	35/40	33/40	37/40	37/40	36/40

Помимо прочих факторов менялось и расстояние до объекта, ведь при увеличении расстояния до объекта уменьшается и полезная площадь для распознавания, то есть те пиксели, которые захватывает распознаваемый предмет. Тестирование проводилось на расстояниях 1 и 3 метра. Через слеш указано количество распознанных объектов и количество предъявленных объектов. Экзотичность того или иного предмета одного из классов также влияла на результаты распознавания. Имеется большое разнообразие объектов каждого из классов и охватить их все не представляется возможным, тем не менее большинство подобных предметов все же сохраняют общие черты со своими «прародителями», поэтому распознаются удовлетворительно, однако те, которые имеют мало сходства не распознаются совсем (рис. 3).

Результаты. Исходя из данных таблицы 1, можно сделать вывод, что программа работает удовлетворительно. Лучшие результаты, как и ожидалось, выявлены там, где условия приближены к идеальным, то есть освещение нормальное, а расстояние невелико.

Имелись проблемы с распознаванием ножа в профиль, если нож достаточно тонкий или освещение тусклое. Было принято решение реализовать данную часть распознавания через характерный хват ножа, поскольку немного предметов можно держать подобным образом.

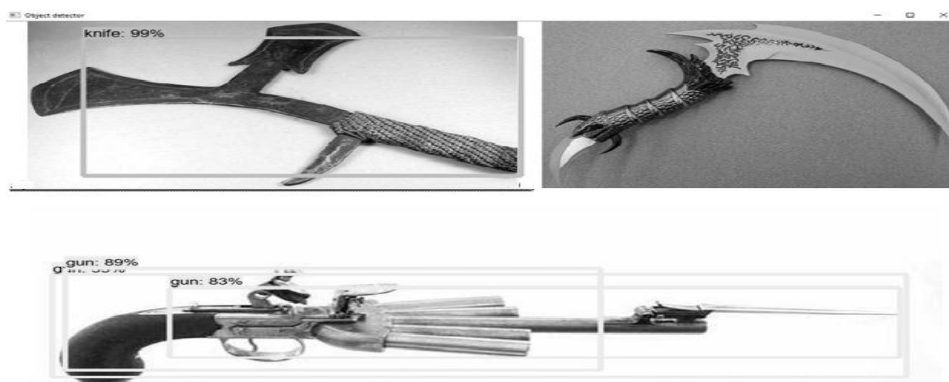


Рисунок 3 Результаты распознавания старинного оружия.

Стоит заметить, что работа программы зависит от качества изображения, которое в свою очередь напрямую зависит от камеры, на которую происходит фиксация объектов. Такие факторы как размытие, шум, нечеткость и т.д. отрицательно сказываются на результатах распознавания. К недостаткам представленной системы можно отнести то, что для различных значений разрешения камеры необходимо подстраивать свертку.

В зависимости от конкретной задачи, нейронная сеть, отвечающая за распознавание должна быть обучена на примерах с камеры установленной на объекте и предполагаемых предметах при разных условиях.

По результатам тестирования намечены пути усовершенствования системы:

- 1) Увеличение количества и разнообразия данных для обучения
- 2) Добавить выравнивание освещенности захваченных кадров

Результаты работы могут быть использованы в разработке систем видеонаблюдения и в качестве учебного пособия по дисциплине «Техническая защита информации».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирюков А., «Информационная безопасность: защита и нападение» 2-е изд./А. Бирюков. – ДМК-Пресс 2017 - 434 с.
2. Рутковская Д., Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: пер. с польск. И. Д. Рудинского. /Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ./С. Хайкин – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
4. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных / пер. с англ. А.А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.
5. Николенко С. Глубокое обучение / С. Николенко, А. Кадури, Е. Архангельская – СПб.: Питер, 2018 – 480.: ил. – (Серия «Библиотека программиста»).
6. Лутц М. Изучаем Python. — 3-е изд./М. Лутц — СПб: Символ-плюс, 2009. — 848 с.

Химические науки

УДК 543.421

Заец Т.С.

*Научный руководитель: Пивоварова А.С., ассистент
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет*

ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЕ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЬ В ПРИСУТСТВИИ МОДИФИКАТОРА КСИЛЕНОВОГО ОРАНЖЕВОГО

Резюме. В данном исследовании изучена эффективность ксиленового оранжевого в качестве химического модификатора при электротермическом атомно-абсорбционном определении свинца. Было проведено термодинамическое моделирование, результаты которого затем были подтверждены экспериментально. Установлено, что использование ксиленового оранжевого позволяет поднять максимальную температуру стадии пиролиза на 200°C и увеличить чувствительность определения.

Ключевые слова: химический модификатор, электротермическая атомно-абсорбционная спектрометрия, свинец.

Вступление. Свинец является одним из важнейших металлов для современной промышленности. Он легок в добыче и обработке, широко распространен. Из-за высокой пластичности легко поддается ковке. Свинец и его соединения находят применение в огромном количестве отраслей промышленности, электротехнике, военном деле, медицине и т.д. Но несмотря на массу достоинств, свинец имеет один существенный недостаток – он весьма токсичен.

В организм свинец и его соединения поступают через ЖКТ, кожные покровы и ингаляционно. После всасывания свинец адсорбируется на поверхности эритроцитов и разносится по всему организму, попадая в печень, почки, ЦНС, кости, мышцы. При длительном поступлении в организм свинец аккумулируется в костной ткани. Период полувыведения равен годам и даже десятилетиям. При изменении в организме кислотно-основного состояния в тканях (ацидоз) соли свинца переходят в растворимое состояние, поступают в кровь и могут вызывать интоксикацию.

Летальная доза растворимых солей свинца составляет 0,5 г в пересчете на чистый свинец. Хронические отравления вызывает ежедневное поступление до 0,0005 г. [1].

Интенсивное техногенное поступление свинца в среду обитания привело к увеличению его содержания в ней в ходе эволюции на четыре порядка [2]. Исходя из

всего вышесказанного, необходим метод определения содержания свинца, который позволит обнаруживать даже его микроколичества.

При определении микроколичеств соединений свинца чаще всего используют атомно-абсорбционный метод [3]. Он занимает ведущее место при определении свинца вследствие его чувствительности, воспроизводимости, селективности, широкого распространения в лабораториях различного профиля (санитарные, токсикологические, промышленные, медицинские и т.п.)

Низкие предельно допустимые содержания свинца, а также сложная многокомпонентная матрица анализируемых объектов затрудняет химический анализ. При использовании стандартного атомно-абсорбционного метода контроля содержания свинца в объектах окружающей среды (именно этот метод рекомендуют все международные и государственные стандарты) не всегда достигается необходимый предел обнаружения, наблюдаются многочисленные помехи со стороны матричных компонентов.

Устранить наблюдающиеся существенные матричные помехи, улучшить метрологические и аналитические характеристики атомно-абсорбционных методик определения следов свинца возможно при оптимизации всех аппаратных параметров и при использовании специально вводимых реагентов – химических модификаторов (ХМ). Однако экспериментальный подбор химических модификаторов обычно сводится к методу «проб и ошибок», в результате процесс получается достаточно трудоемким и не всегда результативным.

На современном этапе развития компьютерной техники, оценить эффективность того или иного химического модификатора можно с помощью метода термодинамического моделирования (ТДМ) высокотемпературных процессов протекающих в графитовой печи при электро-термической атомно-абсорбционной спектроскопии (ЭТААС).

Термодинамическое моделирование. Термодинамическое моделирование позволяет сделать вывод о пригодности химического модификатора. Кроме того, на основании результатов моделирования можно предположить механизм атомизации аналита.

В ходе проведенного ТДМ были получены следующие зависимости состава от температуры:

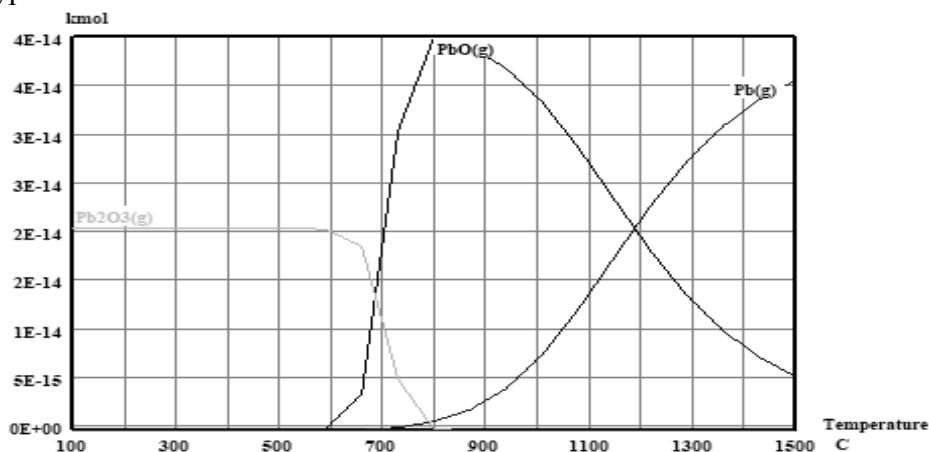


Рисунок 1. Свинец без модификатора

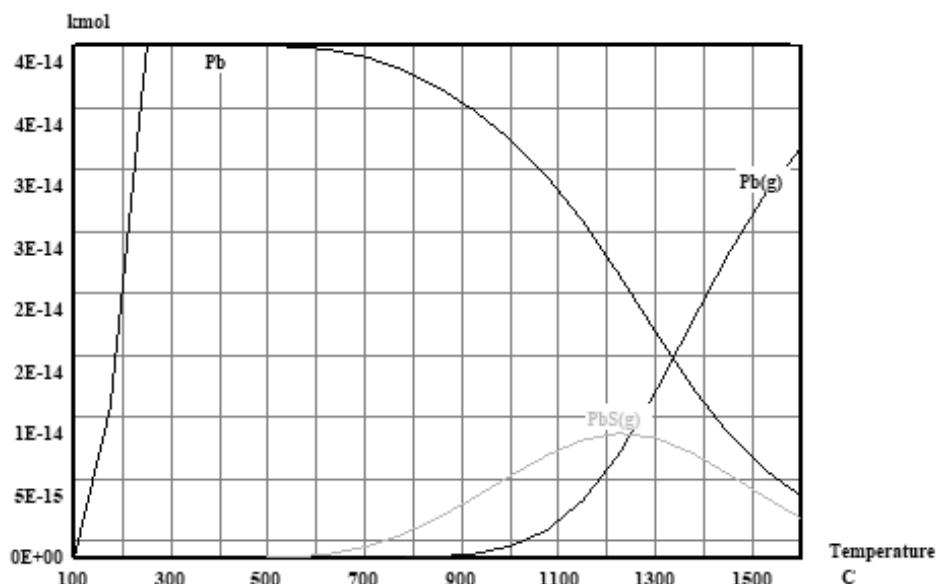
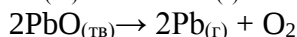
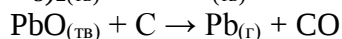
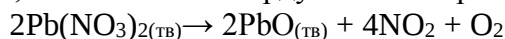


Рисунок 2. Свинец в присутствии ксиленолового оранжевого

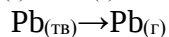
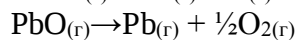
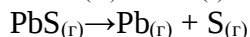
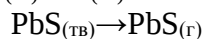
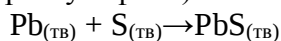
Данные графики свидетельствуют о том, что использование модификатора ксиленолового оранжевого позволяет поднять максимально-допустимую температуру стадии пиролиза при определении свинца примерно на 200°C.

Кроме того, использование ксиленолового оранжевого позволяет уменьшить потерю свинца на стадии пиролиза в виде газообразного оксида, который выдувается из аналитической зоны графитовой печи током защитного газа.

Согласно полученным данным, можно предположить следующий механизм атомизации, при определении свинца в растворе без добавления химического модификатора (индексы «тв», «г» означают твердую и газообразную фазы):



На основании результатов моделирования можно предположить следующий механизм образования атомного пара в присутствии ксиленолового оранжевого (индексы «тв», «г» означают твердую и газообразную фазы):



Реакции восстановления сульфида свинца с участием углерода стенки печи или платформы не протекают, т.к. в конденсированной фазе по данным моделирования PbS практически отсутствует.

Из полученных данных видно, что модификатор действительно изменяет механизм атомизации – ни в одном из случаев не обнаружен оксид свинца в конденсированной фазе.

ЭТААС определение свинца в присутствии модификатора ксиленолового оранжевого. Для оценки эффективности ксиленолового оранжевого в качестве ХМ при определении свинца исследовали чувствительность определения и максимальную температуру стадии пиролиза с ксиленоловым оранжевым и без него.

Для оценки чувствительности ЭТААС используют понятие характеристическая масса. Это масса элемента, соответствующая 1 % поглощения или 99 % пропускания. Абсорбционность при этом составляет $A = -\lg T = -\lg 0,99 = 0,0044$. Чем ниже данное

значение, тем больше чувствительность определения. Вычисляется характеристическая масса по формуле:

$$m_{\text{хар}} = \frac{C \cdot V \cdot 0,0044}{Q_A},$$

где C – концентрация, V – объём вводимой дозы, Q_A – интегральное значение абсорбционности [4].

Проводили измерения абсорбционности раствора свинца с концентрацией 40 мкг/л и раствора свинца с добавлением ксиленолового оранжевого ($C_M=0,001$ моль/л) по трехстадийной временно-температурной программе. На стадии сушки температура составляла 100°C, на стадии пиролиза варьировалась от 400°C, на стадии атомизации 2000°C. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Значение максимальной температуры стадии пиролиза при ЭТААС играет важную роль. Так как для точного определения необходимо как можно более полно отогнать компоненты матрицы, чтобы уменьшить число помех. Следовательно, чем выше температура стадии пиролиза, тем меньше помех будут создавать компоненты матрицы [4].

Определение максимально допустимой температуры стадии пиролиза проводили по методике описанной выше, за исключением температуры стадии пиролиза. Её варьировали от 300°C до 800°C с шагом в 100°C. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты ЭТААС

Величина \ Система	Pb	Pb с ксиленоловым оранжевым
$m_{\text{хар}}$, пг	15	12
T_{max} , °C	400	600

Выводы. Результаты моделирования дают возможность предположить, что ксиленоловый оранжевый создает фиксированное окружение атомов свинца в конденсированной фазе и, тем самым, формирует химический состав предатомизационных соединений свинца и механизм образования атомных паров. Данный химический модификатор способствует образованию в газовой фазе PbS, за счет чего, скорее всего, и наблюдается модифицирующий эффект.

Экспериментальные данные показывают, что при определении свинца без модификатора наилучший сигнал наблюдается при температуре 400°C. При определении свинца в присутствии ксиленолового оранжевого эта температура достигает 600°C. Это снижает количество помех при определении свинца и позволяет проводить определение с большей точностью. Кроме того, применение ксиленолового оранжевого уменьшает характеристическую массу. То есть, повышает чувствительность определения свинца при ЭТААС.

На основании полученных результатов, можно сделать вывод о том, что ксиленоловый оранжевый является эффективным модификатором при ЭТАА определении свинца, как и предполагалось на основании данных моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вергейчик Т.Х. Токсикологическая химия. Москва: МЕДпресс-информ, 2009. – 400с.
2. Ашихмина, Т.А. Мониторинг природных сред и объектов: исследовательский практикум для школьников и студентов. Москва: Академический Проект, 2006. – 252 с.
3. Полянский, Н.Г. Аналитическая химия элементов. Синец. Москва: Наука, 1986 г. – 357 с.

УДК 544.23

Мальцева Н.А.

*Научный руководитель: Лыга Р.И., к.х.н., доцент
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет*

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА И УСЛОВИЙ ПОЛУЧЕНИЯ НА СВОЙСТВА ЭПОКСИДНО-КРЕМНЕЗЕМНЫХ КОМПОЗИТОВ АМИННОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ

Резюме. В данной работе с использованием золь-гель метода получены стеклообразные эпоксидно-кремнеземные композиты и покрытия аминного отверждения, содержащие 1 масс. % ингибитора коррозии металлов 1,2,3-бензотриазола. Установлено, что при введении в состав композитов 0,5 – 10 масс. % SiO_2 снижается температура стеклования эпоксидной полимерной матрицы. Использование 1,2,3-бензотриазола в составе композиционного покрытия повышает защитные свойства эпоксидных композитов на поверхности алюминиевого сплава Д16: антикоррозионное сопротивление подложки возрастает в 3–4 раза и эффективность антикоррозионной защиты увеличивается на 23–24 %. Методика получения кремнеземных композитов без предварительного формирования частиц наполнителя позволяет получать покрытия с более высокими защитными показателями.

Ключевые слова: диоксид кремния, 1,2,3-бензотриазол, золь-гель метод, аминное отверждение, композиционные материалы.

Вступление. Эпоксидные смолы являются важнейшим видом синтетических смол, благодаря ценным технологическим и эксплуатационным свойствам и разнообразию областей применения материалов на их основе. Они используются как в качестве электроизоляционных составляющих, разнообразных лакокрасочных материалов и порошковых красок, так и в качестве связующих для композиционных материалов, применяемых для изготовления изделий различного функционального назначения [1,2]. На основе эпоксидных полимеров получают материалы с высокими показателями физико-механических свойств [3-5]. Вместе с тем, эпоксидные полимеры имеют недостатки, наиболее существенными из которых являются жесткость и высокая горючесть.

Одним из способов улучшения эксплуатационных характеристик органических полимеров является введение в их состав наполнителей различной природы, что позволяет увеличить износостойкость, адгезионную и когезионную прочность материала, термостабильность, стойкость к воздействию внешних факторов старения и агрессивных сред. В качестве составляющей композитов и покрытий на их основе часто используют диоксид кремния (SiO_2 , кремнезем). Для получения эпоксидно-кремнеземных композитов используют золь-гель метод, позволяющий *in situ* формировать частицы наполнителя и смешать компоненты системы на наноуровне, что приводит к высокой однородности распределения частиц в органической матрице и обеспечивает улучшение характеристик композитов уже при невысокой степени наполнения [6,7].

Золь-гель технология – наиболее перспективный метод получения наночастиц и материалов на их основе. Этот метод позволяет гибко регулировать условия проведения процесса, а значит, и размеры получаемых частиц. Золь-гель технология не только не требует больших затрат, но и позволяет получать продукты высокой степени чистоты.

Поэтому **целью** данной работы было получение эпоксидно-кремнеземных композитов аминного отверждения, а также защитных покрытий на их основе.

Основная часть. В качестве исходных соединений для получения эпоксидного полимера и полимерной матрицы композитов использовали эпоксидно-диановую смолу ЭД-20 и модифицированный полиаминный отвердитель ANCAMINE 2579.

Диоксид кремния формировали *in situ* двумя разными способами. При одном из них к тетраэтоксисилану (ТЭОС) добавляли определенное количество воды для предварительного формирования золя частиц SiO_2 . Затем полученный золь смешивали со смолой и отвердителем в присутствии органического растворителя. При втором способе получения композитов ТЭОС и аминный отвердитель вводили непосредственно в эпоксидную смолу. Содержание влаги в исходном полиамине было достаточным для протекания процессов гидролиза и последующей поликонденсации тетраэтоксисилана. Содержание кремнезёма в композитах составляло от 0,5 до 10 масс. %, исходя из количества вводимого ТЭОС. Дополнительно были получены образцы, содержащие ингибитор коррозии металлов 1,2,3-бензотриазол (БТА) в количестве 1 масс. %.

Образцы получали в виде пленок толщиной 200 мкм и покрытий толщиной 10 мкм на поверхности алюминиевого сплава Д16.

Определение выхода золь-фракции композитов (W_{zol} , %) проводили, выдерживая их пленочные образцы в ацетоне при 50 °С в течение 3 суток с периодической заменой растворителя. Выход золь-фракции рассчитывали по формуле:

$$W_{\text{zol}} = \frac{m_0 - m}{m_0} \cdot 100, \quad (1)$$

где m_0 и m – масса образца до и после экстрагирования, соответственно.

Полимерные образцы подвергали изотермическому старению при 180 °С, определяя время жизни композитов – время, в течение которого образцы теряли 10 % своей массы.

Температуру стеклования и температуру завершения перехода в высокоэластическое состояние полимера и композитов определяли термомеханическим анализом при помощи компьютеризированной лабораторной установки, состоящей из термокриокамеры ТК-500, программированного регулятора температуры БТП-78 и электронной измерительной системы М-217. Измерения проводили на плёночных образцах (25×6×0,2 мм) при постоянно действующей растягивающей нагрузке. Скорость нагревания составляла 4 °С·мин⁻¹.

Изучение стойкости полученных покрытий к воздействию переменной температуры и повышенной влажности проводили, нанося решетчатые надрезы на покрытые пластины алюминиевого сплава Д16 согласно ГОСТ 15140–78 «Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии» и выдерживая их во влажной среде в течение двух месяцев с перепадами температуры согласно ГОСТ 9.401-91 «Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов».

Для электрохимических испытаний использовали потенциостат ПИ-50-1, программатор ПР-8 и трехэлектродную ячейку, оснащенную платиновым электродом, хлорсеребряным электродом сравнения и алюминиевой пластинкой с покрытием или без покрытия в качестве рабочего электрода. Все измерения были проведены в водном 3 %-ном растворе хлорида натрия при постоянной скорости развертки 2 мВ·с⁻¹. Значения плотности тока коррозии (I_{corr} , А·см⁻²) соответствуют 50 мВ участку между катодной и анодной частями поляризационной кривой. Антикоррозионное сопротивление (R_{corr} , кОм·см²) было рассчитано с использованием уравнения:

$$R_{\text{corr}} = \frac{50}{2 \cdot I_{\text{corr}}}. \quad (2)$$

Значения потенциалов питтинговой коррозии (E_{pit}) определяли, используя критерий, описанный в работе Певбаре и др. [8], исходя из которого питтинговая коррозия происходит в момент, когда анодная плотность тока образца достигает $3 \cdot 10^{-5} \text{ А} \cdot \text{см}^{-2}$. Эффективность антикоррозионной защиты (η , %) алюминиевого сплава полученными покрытиями была вычислена по уравнению:

$$\eta = \frac{1 - I_{corr}}{I_{corr}^0} \cdot 100, \quad (3)$$

где I_{corr}^0 – плотность тока коррозии чистого электрода, $\text{А} \cdot \text{см}^{-2}$.

Микроскопические исследования показали, что синтезируемый *in situ* наполнитель в композитах формируется не в виде отдельных частиц, а образуется кремнезёмная сеть зацеплений, которая представляет собой аэрогель, если исключить из объема образца органическую составляющую (рисунок 1). При этом с увеличением содержания диоксида кремния в композитах кремнезёмная сетка приобретает всё более плотную структуру. Композиты, полученные по упрощённой методике, после отжига более явно повторяют форму исходных образцов.

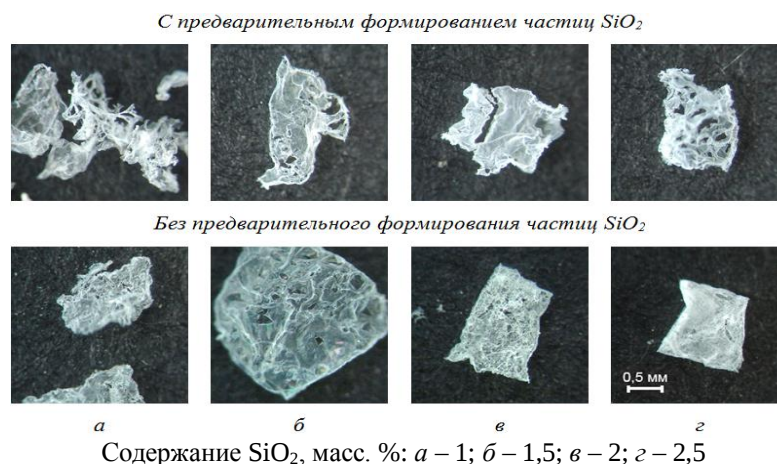


Рисунок 1 – Микрофотографии композитов, полученных без предварительного формирования частиц наполнителя, после отжига

При введении неорганического наполнителя температура стеклования и температура завершения перехода в высокоэластическое состояние композитов снижаются, а выход золь-фракции увеличивается по сравнению с исходным полимером (таблица 1). Такое влияние наполнителя наблюдается и для систем, содержащих 1,2,3-бензотриазол.

Таблица 1 – Зависимость температуры стеклования (T_c), температуры завершения перехода в высокоэластическое состояние ($T_{вз}$) и выхода золь-фракции (W_{zol}) композитов от содержания SiO_2 и способа его формирования

w(SiO_2), масс. %	T_c , °C	$T_{вз}$, °C	W_{zol} , %	
			w(БТА), масс. %	
			0	1
0	112	143	3,5	3,6
0,5	93	124	4,5	5,8
0,5*	90	126	6,9	6,6
1	103	122	5,2	6,4
1*	98	114	7,0	6,6
1,5	100	122	5,8	7,2
1,5*	87	116	7,0	7,3
2	98	135	6,1	7,3
2*	92	112	7,2	7,4
2,5	88	112	6,2	7,4

2,5*	88	118	7,5	7,6
3	88	130	6,3	7,5
3*	98	117	7,8	7,5
4	90	120	7,1	8,0
4*	91	122	8,6	8,5
5	93	115	7,8	9,4
5*	95	115	11	10
10	92	129	8,3	8,4
10*	83	111	17	17
Примечание * – без предварительного формирования частиц наполнителя				

Установлено, что использование методики получения композитов без предварительного формирования частиц наполнителя несколько увеличивает содержание низкомолекулярных веществ в образцах.

Изучение устойчивости полученных композитов к термоокислительной деградации композитов в изотермических условиях при 180°C и доступе кислорода воздуха показало, что использование неорганического наполнителя снижает скорость потери массы образцов в 2 раза, особенно в присутствии БТА (таблица 2).

Таблица 2 – Зависимость скорости потери массы (W) полимера и композитов от содержания диоксида кремния, способа его формирования и содержания БТА

w(SiO ₂), масс. %	W·10 ⁸ , г/с		w(SiO ₂), масс. %	W·10 ⁸ , г/с	
	w(БТА), %			w(БТА), масс. %	
	0	1		0	1
0	9,5	9,9	3	6,9	5,9
0,5	8,9	6,5	3*	6,4	3,0
0,5*	8,7	7,7	4	5,4	5,3
1	9,3	8,3	4*	7,3	3,2
1*	7,9	7,5	5	5,6	5,9
1,5	8,9	8,3	5*	7,3	4,8
1,5*	7,1	4,8	7,5	7,7	7,7
2	8,9	4,6	7,5*	5,6	5,4
2*	6,5	5,4	10	7,3	7,7
2,5	7,3	6,3	10*	7,9	7,9
2,5*	5,7	5,0			
Примечание * – без предварительного формирования частиц наполнителя					

Введении кремнийоксидного наполнителя также влияет на устойчивость эпоксидных композитов к высокотемпературному окислению кислородом. Установлено, что процесс поглощения кислорода имеет период индукции, продолжительность которого составляет 8 – 28 минут в зависимости от содержания SiO_2 и способа его получения золь-гель методом. Максимальная скорость поглощения кислорода композитами при этом снижается в 3 – 4 раза по сравнению с исходным полимером (таблица 3).

Таблица 3 – Зависимость периода индукции (τ) и максимальной скорости поглощения кислорода ($V_{\text{макс}}$) полимера и композитов от содержания SiO_2 и способа его формирования

$w(\text{SiO}_2)$, масс. %	τ , мин	$V_{\text{макс}} \cdot 10^4$, моль·кг ⁻¹ ·с ⁻¹	$w(\text{SiO}_2)$, масс. %	τ , мин	$V_{\text{макс}} \cdot 10^4$, моль·кг ⁻¹ ·с ⁻¹
0	–	1,4	3	24	1,0
0,5	14	1,2	3*	27	1,0
0,5*	5	1,0	5	8	0,7

1	16	0,8	5*	10	0,5
1*	4	0,8	4	14	1,2
1,5	30	0,7	4*	24	0,6
1,5*	10	0,9	7,5	20	0,4
2	10	1,2	7,5*	23	1,0
2*	10	0,9	10	16	1,0
2,5	10	0,7	10*	12	0,9
2,5*	6	1,2			
Примечание * – без предварительного формирования частиц наполнителя					

Ингибирующее действие соединений металлов может быть объяснено тем, что наполнитель участвует в реакциях обрыва кинетических цепей окисления взаимодействуя с радикалами. Это обусловлено наличием большого количества гидроксильных групп на его высокоразвитой поверхности, что характерно для частиц диоксида кремния, полученных золь-гель технологией.

Следующим этапом исследования было изучение защитных свойств полученных эпоксидно-кремнезёмных покрытий на поверхности алюминиевого сплава Д16. Визуальное изучение решетчатых надрезов после недели климатических испытаний показало, что композиты, в которых наполнитель формировался без дополнительной воды, имеют лучшие защитные свойства: при содержании наполнителя 4 и 7,5 масс. % на поверхности подложки вдоль надрезов уменьшается глубина коррозионных повреждений; после выдерживания в заданных условиях разрушение субстрата наблюдается в меньшей степени (рисунок 2). Композиционные покрытия, содержащие в своём составе ингибитор коррозии металлов, проявляют лучшие защитные свойства на поверхности сплава Д16, о чем свидетельствует более слабая коррозия вдоль разрезов и меньшее количество отслоений.

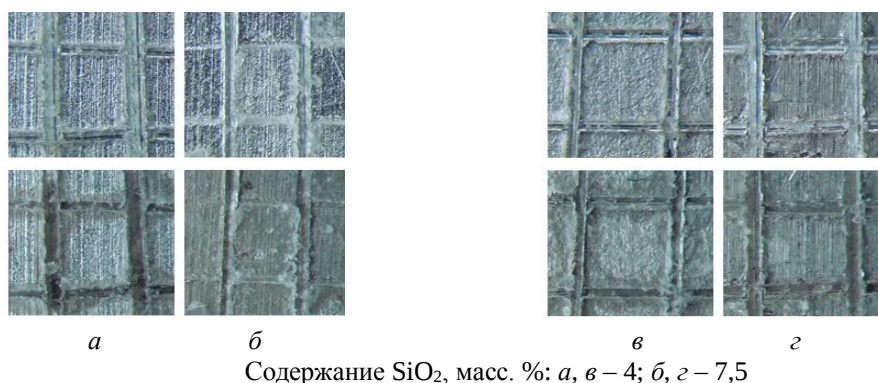


Рисунок 2 – Микрофотографии поверхности алюминиевого сплава Д16 с покрытиями, содержащими БТА, до и после климатических испытаний; в, г – без предварительного формирования SiO_2

Потенциодинамическим методом изучено влияние 1,2,3-бензотриазола на электрохимическую коррозию сплава с поврежденным кремнезёмным покрытием. Установлено, что использование эпоксидно-кремнийоксидных покрытий увеличивает антикоррозионное сопротивление и на порядок снижает плотность тока коррозии (таблица 4). Введение БТА снижает значения потенциала коррозии (E_{corr}) и потенциала питтинговой коррозии, а также повышает эффективность антикоррозионной защиты сплава Д16 на 8 % по сравнению с композиционным покрытием, не содержащим ингибитор коррозии металлов.

Таблица 4 – Электрохимические характеристики повреждённых покрытий на основе кремнезёмных композитов, полученных без предварительного формирования частиц наполнителя и содержащих 2 масс. % SiO_2

w(БТА), масс. %	E_{corr} , мВ	E_{pit} , мВ	R_{corr} , кОм·см ²	I_{corr} , А·см ⁻²	η , %
Непокрытый Д16	-677	-677	0,04	$5,52 \cdot 10^{-4}$	—
0	-674	-619	1,2	$2,09 \cdot 10^{-5}$	79
1	-647	-528	1,9	$1,32 \cdot 10^{-5}$	87

Потенциодинамические кривые электрохимической коррозии, соответствующие неповреждённым эпоксидно-кремнийоксидным покрытиям (рисунок 3, кр. 2, 3) имеют выраженную область пассивации плотности тока коррозии. Это значит, что исследуемые покрытия блокируют электрохимические процессы. Наличие ингибитора коррозии металлов в составе композиционного покрытия увеличивает защитные свойства эпоксидных композитов: антикоррозионное сопротивление возрастает в 3–4 раза и эффективность антикоррозионной защиты сплава увеличивается на 23–24 % (таблица 5).

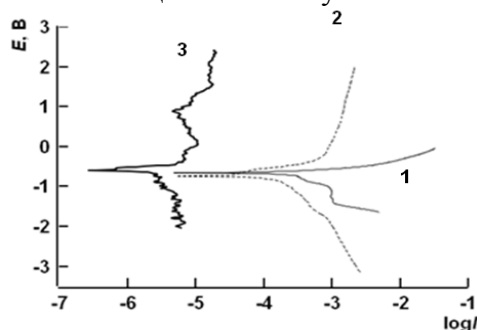


Рисунок 5 – Потенциодинамические кривые электрохимической коррозии непокрытого алюминиевого сплава Д16 (1), с композиционными покрытиями (2, 3), содержащими 0,5 масс. % SiO₂ и 1,2,3-бензотриазол (3)

Таблица 5 – Электрохимические характеристики покрытий на основе композитов аминного отверждения, содержащих 0,5 масс. % SiO₂

w(БТА), масс. %	$E_{корр}$, мВ	$E_{питт}$, мВ	$R_{корр}$, кОм·см ²	$I_{корр}$, А·см ⁻²	η , %
Непокрытый Д16	-660	-650	0,25	$1,00 \cdot 10^{-4}$	—
0	-645	-625	0,7	$3,43 \cdot 10^{-5}$	65,7
0*	-658	-628	0,8	$3,09 \cdot 10^{-5}$	69,1
1	-665	-585	2,2	$1,12 \cdot 10^{-5}$	88,8
1*	-516	-536	3,5	$7,08 \cdot 10^{-6}$	92,9
Примечание * – без предварительного формирования частиц наполнителя					

Следует отметить, что методика получения кремнезёмных композитов без предварительного формирования частиц наполнителя позволяет получать композиционные покрытия с более высокими защитными показателями (таблица 5).

Выводы. Установлено, что содержание кремнеземного наполнителя и условия проведения синтеза композитов оказывают влияние на устойчивость композиционных материалов к внешним факторам воздействия. При использовании упрощённой методики снижается скорость потери массы композитов в изотермических условиях, а также увеличивается период индукции окисления образцов. Проведённые исследования показали, что одновременное использование ингибитора коррозии и диоксида кремния позволяет получать эффективные защитные покрытия на основе эпоксидной полимерной матрицы аминного отверждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мийченко, И.П. Технология полуфабрикатов полимерных материалов. – СПб.: Научные основы и технологии. – 2012. – 374 с. – ISBN978-5-917030319.
2. Федосеев, М.С. Влияние природы эпоксидной матрицы, условий и формирования на термомеханические, термические и адгезионные характеристики полимерного материала / М.С. Федосеев, И.Н. Шардаков, Л. Ф. Державинская, Д. М. Девятериков, Р. В. Цветков / Перспективные материалы. – 2013. – № 8. – С. 11–17.

3. Михайлин, Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. – 2-е изд. – СПб.: Научные основы и технологии. – 2010. – 822 с. – ISBN 978-5-91703-003-6.
4. Кислова, Ю. Российский рынок эпоксидных смол / Ю. Кислова // Композитный мир. – 2009. – № 12. – С. 20–21.
5. Кадыкова, Ю.А. Разработка базальтонаполненных эпоксидных композитов с повышенным комплексом свойств / Ю.А. Кадыкова [и др.] // Дизайн. Материалы. Технология. – 2012. – № 5. – С. 124–128
6. Tiwari, A. Nano-mechanical analysis of hybrid silicones and hybrid epoxy coatings: a brief review [Text] / Adv. Chem. Eng. Sci. – 2012. – Vol. 2 – P. 34–44.
7. Khramov, A.N. Nanostructured sol-gel derived conversion coatings based on epoxy- and amino-silanes [Text] / A.N. Khramov, V.N. Balbyshev, N.N. Voevodin, M.S. Donley // Prog. Org. Coat. – 2003. – Vol. 2 – P. 207–213.
8. Inhibition of pitting corrosion on aluminum alloy 2024-T3: effect of soluble chromate additions vs chromate conversion coating [Text] / G. O. Plevbare [et al.] // Corrosion. – 2000. – Vol. 56, № 3. – P. 227–242.

Математика. Прикладная математика. Информатика.

УДК 004.424.5

*Белик Т.С.
Научный руководитель: Нескороев Р.Н., к. ф.-м. н., доцент
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ MPI

Резюме. В работе исследованы современные проблемы технологий программирования, которые возникают при организации параллельных вычислений. Проведена оценка показателей ускорения и эффективности последовательного и параллельного алгоритмов быстрой сортировки, реализованных с помощью Message Passing Interface. Полученные результаты показали, что при увеличении количества элементов в алгоритме сортировки параллельные вычисления более эффективны, чем последовательные.
Ключевые слова: параллельный алгоритм, ускорение, эффективность, MPI.

Введение. В современном мире все больше возникают вычислительные задачи, для решения которых возможностей существующих средств вычислительной техники всегда оказывается недостаточно. Такие проблемы, как моделирование климата, геномная инженерия, проектирование интегральных схем, создание лекарственных препаратов и т.д. требуют для своего анализа электронно-вычислительные машины (ЭВМ) с очень большой производительностью [1].

Проблема создания высокопроизводительных вычислительных систем относится к числу наиболее сложных научно-технических задач современности. Организация параллельных вычислений, когда в один и тот же момент выполняется одновременно несколько операций обработки данных, осуществляется, в основном, за счет многопроцессорности. В этом случае можно достичь ускорения процесса решения вычислительной задачи, если осуществлять разделение применяемого алгоритма на информационно независимые части и организовать выполнение каждой части вычислений на разных процессорах.

Сортировка является одной из типовых проблем обработки данных и обычно понимается как задача размещения элементов неупорядоченного набора значений в порядке монотонного возрастания или убывания.

Ускорение сортировки может быть обеспечено при использовании нескольких процессоров.

Цель работы. Изучение принципов написания высокопроизводительных реализаций алгоритмов с использованием технологии Message Passing Interface (MPI) и проведение сравнительной оценки экспериментальных показателей ускорения и эффективности последовательного и параллельного алгоритмов быстрой сортировки.

Показатели оценки ускорения и эффективности параллельного алгоритма. При разработке параллельных алгоритмов решения сложных задач важным моментом является анализ эффективности использования параллелизма, состоящего обычно в оценке получаемого ускорения процесса вычислений [2].

Ускорение, получаемое при использовании параллельного алгоритма для p процессоров, по сравнению с последовательным вариантом выполнения вычислений определяется величиной:

$$S_p(n) = T_1(n) / T_p(n), \quad (1)$$

где n – параметр вычислительной сложности, $T_1(n)$ – временная сложность последовательного алгоритма, $T_p(n)$ – временная сложность параллельного алгоритма

Эффективность использования параллельным алгоритмом процессоров при решении задачи определяется соотношением:

$$E_p(n) = T_1(n) / (p T_p(n)) = S_p(n) / p. \quad (2)$$

Из приведенных соотношений можно показать, что в наилучшем случае [3]:

$$S_p(n) = p, \quad (3)$$

$$E_p(n) = 1. \quad (4)$$

При практическом применении данных показателей для оценки параллельных вычислений следует учитывать:

1. При определенных обстоятельствах ускорение может оказаться больше числа используемых процессоров $S_p(n) > p$ – в этом случае говорят о существовании сверхлинейного ускорения.

2. Попытки повышения качества параллельных вычислений по одному из показателей могут привести к ситуации ухудшения другого показателя. Как результат, разработка методов параллельных вычислений часто предполагает выбор некоторого компромиссного варианта с учетом желаемого показателя ускорения и эффективности.

При выборе надлежащего параллельного способа решения задачи может оказаться полезной оценка стоимости вычислений, определяемой как произведение времени параллельного решения задачи и числа используемых процессоров [4]:

$$C_p(n) = p T_p(n). \quad (5)$$

В связи с этим можно определить понятие стоимостно-оптимального параллельного алгоритма как метода, стоимость которого является пропорциональной времени выполнения наилучшего последовательного алгоритма.

Экспериментальные методы определения показателей ускорения и эффективности. Экспериментальные вычисления проводились на компьютере, имеющем технические характеристики, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Тестовая инфраструктура	
Процессор	Intel Core i3-3120M CPU 2,5 GHz
Память	6 Гб

Операционная система	Microsoft Windows 8.1
Среда разработки	MS Visual Studio 2013

Для реализации алгоритмов будем использовать язык программирования C++.

Общая схема последовательного алгоритма быстрой сортировки может быть представлена в следующем виде (в качестве ведущего элемента выбирается первый элемент упорядочиваемого набора данных) [4]:

```
void QuickSort(double B[], int j1, int j2){
    if(j1<j2){
        double pivot = B[j1];
        int js=j1;
        for(int j=j1+1; j<j2; j++)
        {
            if(B[j]<=pivot){
                js=js+1;
                swap(B[js], B[j]);
            }
        }
        swap(B[j1], B[js]);
        QuickSort(B, j1, js);
        QuickSort(B, js+1, j2);
    }
}
```

Определим ожидаемые показатели времени выполнения программы с учетом параллельного выполнения. Определим максимальное ускорение.

Для алгоритма быстрой сортировки трудоемкость определяется величиной $O(n \cdot \log_2 n)$.

Данное выражение дает также нижнюю оценку необходимого количества операций для упорядочивания набора из n значений.

Предположим, что время выполнения одной итерации равно t . В этом случае в последовательном режиме потребуется $T_1(n) = t \cdot n \cdot \log_2 n$.

При завершении вычислений процессор выполняет сортировку своих блоков, что может быть выполнено при использовании быстрых алгоритмов за $(\frac{n}{p}) \cdot \log_2 \frac{n}{p}$ операций.

Таким образом, общее время вычислений параллельного алгоритма быстрой сортировки составляет:

$$T_p(n) = \left[\left(\frac{n}{p} \right) \cdot \log_2 p + \left(\frac{n}{p} \right) \cdot \log_2 \frac{n}{p} \right] \cdot t . \quad (5)$$

В результате получим такие показатели для алгоритма быстрой сортировки:

$$S_p(n) = \frac{T_1(n)}{T_p(n)} = \frac{t \cdot n \cdot \log_2 n}{\left[\left(\frac{n}{p} \right) \cdot \log_2 p + \left(\frac{n}{p} \right) \cdot \log_2 \frac{n}{p} \right] \cdot t} , \quad (6)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_p(n) = p , \quad (7)$$

$$E_p(n) = \frac{S_p(n)}{p} = \frac{n \cdot \log_2 n \cdot p}{\left[\left(\frac{n}{p} \right) \cdot \log_2 p + \left(\frac{n}{p} \right) \cdot \log_2 \frac{n}{p} \right]} , \quad (8)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} E_p(n) = 1, \quad (9)$$

$$C_p(n) = \left[\left(\frac{n}{p} \right) \cdot \log_2 p + \left(\frac{n}{p} \right) \cdot \log_2 \frac{n}{p} \right] \cdot t \cdot p = t \cdot n \cdot \log_2 \frac{n}{p} + t \cdot n \cdot \log_2 p. \quad (10)$$

Предельное значение стоимости совпадает со значением времени в последовательном режиме. Ожидаемые параметры близки к идеальным.

Для реализации параллельных вычислений с организацией передачи данных между процессорами используем MPI. При параллельном выполнении программы запускается несколько экземпляров этой программы. Каждый запущенный экземпляр представляет собой отдельный процесс, который может взаимодействовать с другими процессами, обмениваясь сообщениями. Функции MPI предоставляют разнообразные средства для реализации такого взаимодействия [5].

В качестве базовой подзадачи для организации алгоритма выбрана операция «сравнить и разделить», а количество подзадач совпадает с числом используемых процессоров.

Главная функция программы, которая реализует логику работы алгоритма, последовательно вызывая необходимые подпрограммы, будет иметь вид [6]:

```
int ProcRank, ProcNum;
int main(int argc, char **argv)
{
    double *pProcData;
    int ProcDataSize;
    MPI_Init(&argc, &argv);
    MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD, &ProcNum);
    MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD, &ProcRank);

    ProcessInitialisation(&pProcData, &ProcDataSize);

    ParallelQuickSort(pProcData, ProcDataSize);

    ProcessTermination(pProcData, ProcDataSize);

    MPI_Finalize();
    return 0;
}
```

Здесь функция ProcessInitialisation определяет исходные данные, выделяет память для хранения данных, осуществляет генерацию сортируемого массива и распределяет его между процессами.

Функция ParallelQuickSort производит параллельную быструю сортировку.

Функция ProcessTermination осуществляет необходимый вывод результатов решения задачи и освобождает всю ранее выделенную память для хранения данных.

Результаты вычислений представлены в таблице 2.

Таблица 2

Экспериментальные результаты							
Количество элементов	Последовательный алгоритм	Параллельный алгоритм					
		2 процессора			4 процессора		
		Время	Ускорение	Эффективность	Время	Ускорение	Эффективность
10 000	0,001521	0,001655	0,919033	0,459517	0,004155	0,366065	0,091516

20 000	0,003154	0,002254	1,39929	0,699645	0,005066	0,622582	0,155645
30 000	0,004715	0,004275	1,102924	0,551462	0,006174	0,763686	0,190927
40 000	0,007186	0,005287	1,359183	0,679591	0,006951	1,033808	0,258452
50 000	0,009212	0,005982	1,539953	0,769977	0,007171	1,284619	0,321155

Выводы по результатам исследования. По результатам вычислительных экспериментов можно заметить, что параллельный алгоритм быстрой сортировки позволяет получить ускорение при решении задач упорядочивания данных. Полученный алгоритм дает улучшение эффективности с увеличением размера исходного массива.

Поскольку сортировка является широко используемым методом обработки данных, то полученные результаты являются важными для дальнейших организаций вычислений решения различных задач, где используется большое количество входных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воеводин В.В. Параллельные вычисления / В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. – СПб: БХВ – Петербург, 2002. – 608 с.
2. Качко Е.Г. Параллельное программирование: Учебное пособие / Е.Г. Качко. – Харьков: Изд-во “Форт”, 2011. – 528 с.
3. Жалнин Р.В. Основы параллельного программирования с использованием технологий MPI и OpenMP: учебное пособие / Р.В. Жалнин, Е.Н. Панюшкина, Е. Е. Пескова, П.А. Шаманаев. – Саранск: Изд-во СВМО, 2013. – 78 с.
4. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений: учебное пособие / В.П. Гергель. – М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 423с.
5. Абрамян, М. Э. Параллельное программирование на основе технологии MPI 2.0: учебное пособие / М. Э. Абрамян. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2018. – 357 с.
6. Cormen T.H., Leiserson C.E., Rivert R.L., Stein C. Introduction to algorithm. 2nd Edition. – The MIT Press. 2001.

УДК 004.424.5

Галиахметова К.Р.
Научный руководитель: Нескороев Р.Н., к.ф-м.н., доцент
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ OPENMP

Резюме. В данной работе рассмотрены основные методы определения вычислительной сложности параллельного алгоритма. На примере быстрой сортировки массива при помощи технологии OpenMP проведен сравнительный анализ экспериментальных показателей вычислительной сложности последовательного и параллельных алгоритмов.

Ключевые слова: параллельное программирование, алгоритм, вычислительная сложность, оценка, ускорение, эффективность.

Введение. В настоящее время большинство выпускаемых микропроцессоров являются многоядерными. Для полной реализации потенциала многоядерной системы программисту необходимо использовать специальные методы параллельного программирования, которые становятся все более востребованными в промышленном программировании. С их помощью можно достичь ускорения процесса решения вычислительной задачи путем разделения применяемого алгоритма на информационно независимые части и выполнения каждой части вычислений на разных процессорах. Целью данной работы является выполнение сравнительной оценки экспериментальной

сложности последовательных и параллельных алгоритмов на примере алгоритма быстрой сортировки [1].

Оценка вычислительной сложности для параллельных алгоритмов.

Существует три основных показателя для оценки параллельных алгоритмов: ускорение, эффективность и стоимость вычислений.

Ускорение вычисляется отношением временной сложности последовательного алгоритма и параллельного алгоритма для p процессоров:

$$S_p(n) = T_1(n) / T_p(n), \quad (1)$$

$T_1(n)$ – временная сложность последовательного алгоритма; $T_p(n)$ – временная сложность параллельного программирования.

В случае, если нет накладных расходов, связанных с процессом распараллеливания, и все процессоры используются равномерно, то $T_p(n) = T_1(n) / p$ и максимальное ускорение $S_p(n) = p$.

Эффективность параллельного алгоритма, имеющего размерность n определяется ускорением данного алгоритма по отношению к одному процессору:

$$E_p(n) = T_1(n) / (p T_p(n)) = S_p(n) / p. \quad (2)$$

В случае достижения максимального ускорения предельное значение эффективности становится равным 1. Для того, чтобы достичь максимального ускорения увеличивают количество процессоров, однако, такое действие уменьшает эффективность.

Стоимость вычислений определяется произведением временной сложности параллельного алгоритма и числа процессоров:

$$C_p(n) = p * T_p(n). \quad (3)$$

Чем оптимальнее распараллелен алгоритм, тем меньше его временная сложность. Чем больше число используемых процессоров, тем дороже вычислительная система [2].

Методика экспериментального метода определения вычислительной сложности алгоритма. Идея экспериментального определения заключается в написании программы и вычислении времени выполнения определенного участка программного кода, либо, при необходимости, всей программы. Для этого используется специальная функция, предназначенная для измерения времени, которая вставляется перед измеряемым участком программы и после него. Для получения окончательного результата измеряется разность времен. Для того, чтобы вычисления были точнее, время вычисляется таким методом многократно.

Для анализа производительности программы будут использованы средства программной среды Visual Studio в следующей тестовой инфраструктуре:

Таблица 1

Тестовая инфраструктура	
Процессор	Intel Core i3-4010U CPU 1.70 GHz – 2 процессора
Память	6 Гб
Операционная система	Microsoft Windows 8.1
Среда разработки	Visual Studio 2017

Разработка программы. Пусть необходимо отсортировать некоторый массив. В данной работе будем использовать метод быстрой сортировки.

Суть алгоритма заключается в следующем:

1. Необходимо выбрать из массива опорный элемент.
2. Сравнить все элементы массива с опорным и переставить их так, чтобы образовалось 3 части массива, следующие друг за другом: меньшие опорного, равные и большие.

3. Далее для первой и третьей части массива выполнить рекурсивно такую же последовательность действий.

Последовательная версия данного алгоритма имеет вид:

```
void QS(int A[], int l, int r)
{
    int i = l, j = r; //опорный элемент
    int y = A[(j - i) / 2 + i], rab;
    do
    {
        while (A[i] < y) i++;
        while (A[j] > y) j--;
        if (i <= j)
        {
            rab = A[i];
            A[i] = A[j];
            A[j] = rab;
            i++;
            j--;
        }
    } while (i <= j);
    if (l < j) QS(A, l, j);
    if (r > i) QS(A, i, r);
}
```

Для алгоритма быстрой сортировки трудоемкость определяется величиной $O(n \cdot \log_2 n)$.

Данное выражение дает также нижнюю оценку необходимого количества операций для упорядочивания набора из n значений.

Предположим, что время выполнения одной итерации равно t . В этом случае в последовательном режиме потребуется $T_1(n) = t \cdot n \cdot \log_2 n$.

При завершении вычислений процессор выполняет сортировку своих блоков, что может быть выполнено при использовании быстрых алгоритмов за $\left(\frac{n}{p}\right) \cdot \log_2 \frac{n}{p}$ операций.

Таким образом, общее время вычислений параллельного алгоритма быстрой сортировки составляет:

$$T_p(n) = \left[\left(\frac{n}{p}\right) \cdot \log_2 p + \left(\frac{n}{p}\right) \cdot \log_2 \frac{n}{p} \right] \cdot t. \quad (4)$$

В результате получим такие показатели для алгоритма быстрой сортировки:

$$S_p(n) = \frac{T_1(n)}{T_p(n)} = \frac{t \cdot n \cdot \log_2 n}{\left[\left(\frac{n}{p}\right) \cdot \log_2 p + \left(\frac{n}{p}\right) \cdot \log_2 \frac{n}{p} \right] \cdot t}, \quad (5)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_p(n) = p, \quad (6)$$

$$E_p(n) = \frac{S_p(n)}{p} = \frac{n \cdot \log_2 n \cdot p}{\left[\left(\frac{n}{p}\right) \cdot \log_2 p + \left(\frac{n}{p}\right) \cdot \log_2 \frac{n}{p} \right]}, \quad (7)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} E_p(n) = 1, \quad (8)$$

$$C_p(n) = \left[\left(\frac{n}{p} \right) \cdot \log_2 p + \left(\frac{n}{p} \right) \cdot \log_2 \frac{n}{p} \right] \cdot t \cdot p = t \cdot n \cdot \log_2 \frac{n}{p} + t \cdot n \cdot \log_2 p . \quad (9)$$

Предельное значение стоимости совпадает со значением времени в последовательном режиме. Ожидаемые параметры близки к идеальным.

Для реализации параллельной версии используем технологию OpenMP. За основу берется последовательная программа, а для ее преобразования используется набор директив и функций. Данная технология нацелена на то, чтобы пользователь имел один вариант параллельного и последовательного выполнения.

Программа начинается с последовательной области, то есть, в начале работает только один процесс. При входе в параллельную область порождается еще некоторое число процессов, между которыми распределяются в последствии части кода. По завершении параллельной области все процессы, кроме одного, завершаются и начинается последовательная область [3].

Значительная часть функциональности технологии OpenMP реализуется при помощи директив. В данной работе используется директива `#pragma omp parallel sections`. Она создает параллельный регион секций. Каждая секция определяется директивой `#pragma omp section`. Каждой секции ставится в соответствие один поток, в результате все секции выполняются одновременно.

Параллельная версия алгоритма будет иметь следующий вид:

```
void PQS(int A[], int n)
{
    int l = 0, r = n - 1;
    int i = l, j = r;
    int y = A[(i + j) / 2], rab;
    do
    {
        while (A[i] < y) i++;
        while (A[j] > y) j--;
        if (i <= j)
        {
            rab = A[i];
            A[i] = A[j];
            A[j] = rab;
            i++;
            j--;
        }
    } while (i <= j);
    #pragma omp parallel sections
    {
        #pragma omp section
        {
            if (l < j) QS(A, l, j);
        }
        #pragma omp section
        {
            if (r > i) QS(A, i, r);
        }
    }
}
```

Результаты проведенного исследования представлены в таблице 2, где N – это количество элементов в массиве, а p – количество ядер.

Таблица 2

Результаты исследования						
	N = 200	N = 2000	N = 20000	N = 200000	N = 2000000	N = 20000000
Последовательная версия, время в с	0,000027	0,000266	0,004069	0,040641	0,435158	3,594764
p = 2						
Параллельная версия, время в с	0,000022	0,000252	0,00278	0,03863	0,401439	3,275600
Ускорение, S_2	1,227272	1,055555	1,463669	1,052057	1,083995	1,097436
Эффективность, E_2	0,613636	0,5277775	0,7318345	0,5260285	0,5419975	0,548718

p = 3						
Параллельная версия, время в с	0,000018	0,00019	0,002054	0,030665	0,308432	2,991439
Ускорение, S_2	1,5	1,4	1,981012	1,325322	1,410871	1,201683
Эффективность, E_2	0,5	0,466666	0,660337	0,441774	0,47029	0,400561
p = 4						
Параллельная версия, время в с	0,000018	0,000188	0,002135	0,0035723	0,306139	2,994799
Ускорение, S_2	1,5	1,414893	1,905854	1,137670	1,421439	1,200335
Эффективность, E_2	0,375	0,353723	0,476463	0,284417	0,355359	0,300083

Выводы. При использовании нескольких процессоров заметно улучшение показателя ускорения параллельного алгоритма по сравнению с последовательным вариантом выполнения вычислений. Однако, с увеличением числа процессоров уменьшается эффективность параллельного алгоритма. Этот факт может зависеть от накладных расходов при передаче данных во время выполнения программы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гергель В.П. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем: Учебное пособие / В.П. Гергель, Р.Г. Стронгин – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2003. – 181 с.
2. Качко Е.Г. Параллельное программирование: Учебное пособие / Е.Г. Качко. – Харьков: Изд-во “Форп”, 2011. – 528 с.
3. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2009. – 77 с.

УДК 517.9

Кузьмина А.А.

*Научный руководитель: Волчков В.В., д.ф.-м.н., профессор
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет*

ЛОКАЛЬНАЯ ВЕРСИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОМПЕЙЮ

Резюме. В работе рассмотрены свойства функции с нулевыми интегралами по ромбам, получено функциональное уравнение для исследования функции в кольце. Установлено, когда существует функция f - интегрируемая в D , f - ненулевая такая, что интеграл от f по любому единичному ромбу с тупым углом α из D_r равен нулю. Также были рассмотрены случаи, когда множество Помпейю для параллелепипеда выписывается в простом виде.

Ключевые слова: свойство Помпейю, преобразование Фурье, преобразование Радона, проблема Помпейю, функциональное уравнение.

Проблема Помпейю в евклидовом пространстве может быть сформулирована следующим образом. Пусть R^n вещественное евклидово пространство размерности $n \geq 2$ с евклидовой нормой $|\cdot|$, $M(n)$ группа движений R^n . Компактное множество $A \subset R^n$ называется множеством Помпейю, если всякая интегрируемая функция $f: R^n \rightarrow C$, для которой

$$\int_{\lambda A} f(x) dx = 0 \quad (1)$$

при всех $\lambda \in M(n)$, равна нулю почти всюду. Классическая проблема Помпейю состоит в описании класса $Pomp(R^n)$ - совокупность всех множеств Помпейю в R^n , таких множеств A .

В такой постановке указанная проблема была хорошо изучена в первой половине прошлого века. Ряд достаточных условий принадлежности $A \in Pompr(R^n)$ получил румынский математик Помпейю в 1929 году.

Для многих конкретных случаев известен ряд результатов, с помощью которых можно определить, имеет ли множество A свойство Помпейю или нет (см. [1], [2]). Теорема С.А. Вильямса показывает, что многие множества A с особенностями на границе (например, многогранники) принадлежат $Pompr(R^n)$. В случае, когда некоторое множество не обладает свойством Помпейю, наличие ненулевой функции с условием (1) дает возможность получить нетривиальные оценки плотности укладки произвольного компакта в R^n множествами вида λA , $\lambda \in M(n)$, ([3], [4]).

Ряд результатов, содержащих оценки сверху для величины $R(A) = \inf\{R > 0: A \in Pompr(B_R)\}$, B_R - шар, получены К.А. Беренстейном и Р. Гэм, а также В.В. Волчковым (см. [5]).

Были получены результаты для параллелепипеда ([6], [7]), для правильного m -угольника со стороной 1, для полушара, для некоторых плоских множеств, в компоненты границ которых входят дуги окружностей (см. [8]) и т.д.

Одна из задач данной работы: пусть D – область на вещественной плоскости. Установить, когда существует функция f – локально интегрируемая в D , f – ненулевая такая, что

$$\int_{K \subset D} f(u) du = 0 \quad (2)$$

для данного множества ромбов K , лежащих в D .

Пусть $D_r \subset R^2$ - открытый круг радиуса $r \geq \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{1 - \cos \alpha}$, α - тупой угол ромба с единичной стороной. $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$.

Получены следующие результаты:

Теорема 1. Если $\alpha \geq 120^\circ$, а $r < 1$. Тогда существуют интегрируемые в D_r ненулевые функции f , для которых интеграл от f по любому единичному ромбу с тупым углом α из D_r равен нулю.

Доказательство. Рассмотрим крайний случай расположения единичных ромбов в круге, при котором два из них пересекаются в одной из вершин. Соответственно, для нахождения радиуса круга, нужно найти диагональ ромба, лежащую против острого угла.

Данная диагональ вычисляется по формуле: $d = \sqrt{2 + 2\cos \alpha}$. Найдем при каких значениях α , $d > 1$:

$$\sqrt{2 + 2\cos \alpha} > 1, \rightarrow 2 + 2\cos \alpha > 1, \rightarrow \cos \alpha > -\frac{1}{2},$$

Отсюда:

$$\alpha \in [120^\circ; 180^\circ].$$

Значит, в данном случае наибольший радиус, который может быть это $r = 1$. Если $r < 1$, то очевидно, что все единичные ромбы имеют непустое пересечение – круг D и можно положить $f = 0$ на D_r/D и $\int_D f = 0$, но $f \neq 0$. ■

Теорема 2. Если $\alpha < 120^\circ$, а $r < \sqrt{\frac{1}{4} + \sin^2 \alpha}$. Тогда существуют интегрируемые в D_r ненулевые функции f , для которых интеграл от f по любому единичному ромбу с тупым углом α из D_r равен нулю.

Доказательство. Рассмотрим случай, когда два ромба соприкасаются двумя сторонами. Радиус окружности равен расстоянию между центром окружности и вершиной ромба, лежащей на ней. Высота ромба, опущенная из центра окружности делит противоположащую сторону пополам.

$$\text{Найдем высоту: } h < 1 \cdot \cos(90^\circ + \alpha) \rightarrow h < 1 \cdot \sin \alpha \rightarrow h < \sin \alpha.$$

Значит, $r < \sqrt{\frac{1}{4} + \sin^2 \alpha}$ по теореме Пифагора.

Дальнейшее доказательство аналогично доказательству предыдущей теоремы. ■

Теорема 3. Пусть f удовлетворяет условию (2) при $D = D_r$. Тогда верны следующие утверждения:

1. Можно подобрать финитную функцию $\varphi \in C^\infty$ так чтобы $f \cdot \varphi \neq 0$ и удовлетворено условие (2) в немного меньшей области $D_{r-\varepsilon}, r - \varepsilon > \sqrt{\frac{1}{4} + \sin^2 \alpha}$.

2. Если $f \in C(D_r)$, то смешанная разность от f по вершинам любого единичного ромба из D_r равна 0.

3. Каждое слагаемое ряда Фурье функции f удовлетворяет условию (2). Также, если $f \in C^1(D_r)$, то все производные от f удовлетворяют условию теоремы.

4. Если $f \in C^1(D_r)$, то условию (2) удовлетворяют функции:

$$\left(f'_m(\rho) \pm \frac{m}{\rho} \cdot f_m(\rho)\right) \cdot e^{i(m \mp 1)\varphi}.$$

Следующая задача: пусть n четно и пусть a, b, r, R - фиксированные положительные числа, такие, что $a < b < r < R$. Предположим, что $f \in C(R^2)$, такая, что $\text{supp } f \subset B_{r,R}$, и для всех $\int_{\xi(\omega, d)} f(u) du = \int_{\xi(\omega, d-h)} -f(u) du$, где $\xi(\omega, d) = \{u \in R^2 : (\omega, d) = d\}$, $d \in R$ и $d \in (a, b)$.

Нужно выяснить будет ли $f = 0$ в данном случае.

Представим функцию f в виде: $f = f(\rho)$. Принимая во внимание (1) запишем следующее уравнение:

$$\int_0^\infty f(\sqrt{d^2 + u^2}) du = \int_{-\infty}^0 f(\sqrt{(d-h)^2 + u^2}) du;$$

Проведем замену переменных:

$$t = \sqrt{d^2 + u^2} \rightarrow u = \sqrt{t^2 - d^2} \rightarrow du = \frac{t}{\sqrt{t^2 - d^2}};$$

Подставим в первый интеграл и проведем вторую замену переменных:

$$t = \sqrt{(d-h)^2 + u^2} \rightarrow u = \sqrt{t^2 - (d-h)^2} \rightarrow du = \frac{t}{\sqrt{t^2 - (d-h)^2}};$$

Подставим во второй интеграл и приравняем полученные интегралы:

Представим d в виде: $d = \frac{h}{2} + z, z \in (-\varepsilon, \varepsilon)$.

Разложим функцию $\frac{1}{1 - \left(\frac{z + \frac{h}{2}}{t}\right)^2}$ в ряд Тейлора:

Перепишем равенство интегралов в виде:

$$\int_r^R f(t) \sum_{k=0}^\infty \frac{a_{2k}}{t^{2k}} \sum_{n=0}^{2k} C_{2k}^n z^{2k-n} \left(\frac{h}{2}\right)^n dt = \int_R^r f(t) \sum_{k=0}^\infty \frac{a_{2k}}{t^{2k}} \sum_{n=0}^{2k} C_{2k}^n z^{2k-n} \left(-\frac{h}{2}\right)^n dt$$

Произведем замену $m = 2k - n$. Поменяем порядок суммирования.

Мы получили равенство степенных рядов. Используя то, что степенные ряды равны тогда, когда коэффициенты при каждой степени равны, получим:

$$\int_r^R f(t) \sum_{k=\frac{m}{2}}^\infty C_{2k}^{2k-m} \left(\frac{h}{2}\right)^{2k-m} dt = \int_R^r f(t) \sum_{k=\frac{m}{2}}^\infty \frac{a_{2k}}{t^{2k}} \sum_{n=0}^{2k} C_{2k}^{2k-m} \left(-\frac{h}{2}\right)^{2k-m} dt$$

Приравняем к нулю. Заменим $z = \frac{h}{2t}$.

В результате преобразований было получено уравнение:

$$\int_r^R f(t) \left(\left(\frac{\left(\frac{h}{2}\right)^{-m} + \left(-\frac{h}{2}\right)^{-m}}{m!} \right) \sum_{k=\frac{m}{2}}^\infty (z^{2k}) \cdot a_{2k} \right) dt = 0,$$

$$a_{2k} = \frac{(4k-1)!}{2^{3k+1}k!(2k-m)!}.$$

Следовательно, эта задача была сведена к вопросу о полноте некоторой системы функций.

Еще одна рассмотренная задача: исследовать, в каких случаях множество Помпейю для параллелепипеда выписывается в простом виде.

Общая формулировка: пусть $A = [a_1, a_1] \times \dots \times [a_n, a_n]$ параллелепипед в R^n , $a_1 \leq a_2 \leq \dots \leq a_n$, $a = (a_1, a_2, \dots, a_n) \in R^n$, $R(a, t) = (4a_1^2 t^2 - a_1^2 + |a|^2)^{1/2}$, $r_v(t) = 2a_v - (4a_1^2 t^2 - a_1^2 + a_v^2)^{1/2}$, $\tau = \inf \{t \geq 1: 2[t] + [2\{t\}] \geq 1 + \left(\frac{r_2(t)}{a_1}\right), r_v < (R^2(a, t) - \sum_{m=v}^n a_m^2)^{1/2}\}$, $v = 2, \dots, n$, где $[t]$ целая часть числа t , $\{t\} = t - [t]$.

В результате исследования получены результаты:

Теорема 4. $R(a) = (4a_1^2 + a_2^2)^{\frac{1}{2}}$ тогда и только тогда, когда $1 \leq \frac{a_2}{a_1} \leq \frac{2+\sqrt{10}}{3}$.

Были получены радиусы, при которых существуют ненулевые функции с указанным условием, в зависимости от тупого угла ромба. Также одна задача сведена к решению более простой проблем. Это задача - исследование функции f в кольце. Получен случай, когда множество Помпейю для прямоугольника выписывается в простом виде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Произволов В. В. Об интегралах, постоянных на конгруэнтных областях / В.В. Произволов // Мат. заметки. – 1997. – т. 21. – №2. – с. 183 – 186.
2. Berenstein C. A. El problema de Pompeiu/ C.A. Berenstein, D. Khavinson // Atas do Novo Coloquio Brasileiro de Mathematica (Pocos de Caldar, 1973) – 1977. – v. 1. – p. 31-37.
3. Котляр Б. Д. Об укладках параллелотопов и некоторых множеств / Б.Д. Котляр // Сиб. Мат. журн. – 1984. – т. 25. – №2. – с. 222-225.
4. Котляр Б. Д. Плотности укладок ограниченных множеств / Б.Д. Котляр // Сообщ. Акад. Наук Грузинской ССР. – 1987. – т. 126. – №3. – с. 469-472.
5. V. V. Volchkov. Integral Geometry and Convolution Equations/ V.V. Volchkov // Kluwer Academic Publishers DordRecht/Boston/London. – 2003. – 454 p.
6. Волчков В.В. Экстремальные задачи о множествах Помпейю / В.В. Волчков // Мат. сборник. – 1998. – Т. 189. – № 7. – с.3 - 22.
7. Волчков В.В. Экстремальные задачи о множествах Помпейю II / В.В. Волчков // Мат. сборник. – 2000. – Т. 191. – № 5. – с.3 - 16.
8. Машаров П. А. Экстремальные задачи о множествах Помпейю/ П.А. Машаров : Дис. канд. наук. – Донецк: Инст. прикл. мат. и мех., 2005.
9. Волчков В.В. О функциях с нулевыми интегралами по кубам // Укр. мат. ж. 1991. – т. 43. – № 6. – с. 859 - 863.

УДК 519.21

Мельничук Н.Ю.

*Научный руководитель: Бондарев Б.В., д. ф.-м. наук, профессор
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет*

ОЦЕНКА НЕИЗВЕСТНОГО ПАРАМЕТРА ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ СНОСЕ И ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ДИФФУЗИИ, ЗАШУМЛЕННЫМИ НЕКОТОРЫМ НОВЫМ ВИНЕРОВСКИМ ПРОЦЕССОМ

Резюме. В работе изучается оценка неизвестного параметра в коэффициенте сноса стохастического дифференциала с периодическими коэффициентами, подверженному как внутреннему, так и внешнему

воздействию некоторыми винеровскими процессами. Построен гарантированный доверительный интервал для неизвестного параметра.

Ключевые слова: эргодическое распределение, периодические коэффициенты, оценка, неизвестный параметр.

Вступление. Данная работа по постановке и методам исследования близка к работе Б.В. Бондарева, С.М. Козыря [1]. Оценке неизвестного параметра в системах со слабым сигналом и в частности при внутреннем и внешнем диффузионном зашумлении посвящены также работы Б.В. Бондарева и Ю.О. Куриловой [2], [3].

В данной работе рассматривается следующая задача: наблюдается $\xi_{\theta_0}^{\varepsilon, T} = \{\xi_{\theta_0}^{\varepsilon}(t) : 0 \leq t \leq T\}$, где $\xi_{\theta_0}^{\varepsilon}(t)$ - траектория решения стохастического дифференциального уравнения с малым параметром при периодическом коэффициенте сноса

$$d\xi_{\theta_0}^{\varepsilon}(t) = \varepsilon A(\theta_0, W_1(t))dt + B(W_1(t))dW_2(t), \xi_{\theta_0}^{\varepsilon}(0) = \xi_0, \quad (1)$$

где $W_1(t)$ и $W_2(t)$ - независимые друг от друга стандартные винеровские процессы.

На функции A и B наложены такие условия:

$A(\theta, x+1) = A(\theta, x)$ - 1-периодическая, ограниченная функция,

$B(x+1) = B(x)$ - 1-периодическая, ограниченная функция.

Пусть $\varepsilon > 0$ - малый параметр, коэффициент сноса $A(\theta_0, x)$ естественно интерпретировать как сигнал, θ_0 - неизвестный параметр, т.е. наблюдается «слабый» сигнал, «зашумлённый» как внутренне, так и внешне диффузионным шумом. Будем предполагать, что неизвестный параметр $\theta_0 \in Q$, где Q - некоторое заданное параметрическое множество. Поставлена следующая задача: θ_0 надлежит оценить по $\xi_{\theta_0}^{\varepsilon, T/\varepsilon^2}$ - наблюдаемой на промежутке времени $[0, T/\varepsilon^2]$ траектории решения (1) и построить для него интервал накрытия: $\theta_{\varepsilon} - \delta_{\varepsilon} < \theta_0 < \theta_{\varepsilon} + \delta_{\varepsilon}$, который накрывает неизвестный параметр θ_0 с вероятностью $1 - \gamma_{\varepsilon}$, где $\delta_{\varepsilon} \rightarrow 0$, $\gamma_{\varepsilon} \rightarrow 0$ при $\varepsilon \rightarrow 0$ должны быть выписаны в явном виде. Здесь θ_{ε} - некоторая построенная по $\xi_{\theta_0}^{\varepsilon, T}$ оценка неизвестного параметра.

Основная часть. Идея построения θ_{ε} - оценки неизвестного параметра θ_0 и построения интервала накрытия базируется на том, что при наложенных ниже условиях случайный процесс $\varepsilon \xi_{\theta_0}^{\varepsilon}(t/\varepsilon^2)$, $0 \leq t \leq T$, где $\xi_{\theta_0}^{\varepsilon}(t)$ - решение задачи (1) «близок» в смысле метрики

$$\rho(X, Y) = \sup_{0 \leq t \leq T} M |X(t) - Y(t)|$$

к процессу

$$d\bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(t) = \bar{A}(\theta_0)dt + \bar{B}d\tilde{W}_{\varepsilon}(t), \bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(0) = 0, \quad (2)$$

где $\bar{A}(\theta_0)$, $\bar{B}$ коэффициенты выражаются через $A(\theta_0, x)$, $B(x)$ коэффициенты уравнения, именно

$$\begin{aligned} \bar{A}(\theta_0) &= \int_0^1 A(\theta_0, x) \rho(x) dx \\ \bar{B}^2 &= \int_0^1 B^2(x) \rho(x) dx \end{aligned} \quad (3)$$

где $\rho(x)$ - плотность эргодического распределения процесса $x + \tilde{W}_1(t)$, который построен параллельным переносом процесса $x + W_1(t)$ в полосу $[0,1]$.

Нетрудно заметить, что процесс $x + \tilde{W}_1(t)$ будет принимать значения из компакта $[0,1]$.

Не нарушая общности для дальнейших рассуждений, x можно брать из $[0,1]$.

Процесс $x + \tilde{W}_1(t)$ будет марковским и для него будет верно следующее неравенство [4]:

$$\sup_x |Mf(x + W_1(t)) - \bar{f}| \leq \sup_x |f(x)| K e^{-\gamma t}, \quad (4)$$

$f(y)$ - также 1-периодическая ограниченная функция

$$\bar{f}(y) = \int_0^1 f(x) \rho(x) dx. \quad (5)$$

В нашем частном случае нетрудно заметить, что $\rho(x) \equiv 1$.

K и γ выписываются в явном виде.

Действительно, в нашем случае решением уравнения

$$\begin{aligned} \frac{d^2(\rho(x)\beta^2(x))}{2dx^2} - \frac{d(\rho(x)\alpha(x))}{dx} &= 0 \\ \rho(x+1) &= \rho(x) \\ \int_0^1 \rho(x) dx &= 1 \\ \rho(x) &\equiv 1, \end{aligned} \quad (6)$$

т.е. в нашем случае

$$\begin{aligned} \bar{A}(\theta_0) &= \int_0^1 A(\theta_0(x)) dx \\ \bar{B}^2 &= \int_0^1 B^2(x) dx \\ \bar{B} &= \sqrt{\bar{B}^2} \end{aligned} \quad (7)$$

Теорема 1. Пусть выполнены условия (7) и пусть $|A(\theta_0, x)| \leq C < +\infty$, $|B(x)| \leq C < +\infty$ тогда справедлива оценка

$$\sup_{0 \leq t \leq T} M \left| \varepsilon^2 \int_0^{t/\varepsilon^2} [A(\theta_0, W_1(\tau)) - \bar{A}(\theta_0)] d\tau \right| \leq \varepsilon (4TC_3)^{1/2} \quad (8)$$

Доказательство теоремы аналогично доказательству соответствующего утверждения из [2].

Пусть опять

$$\mu_t^\varepsilon = \varepsilon \int_0^{t/\varepsilon^2} B(W_1(\tau)) dW_2(\tau) \quad (9)$$

$$\varepsilon^2 \langle \mu, \mu \rangle_{t/\varepsilon^2} = \varepsilon^2 \int_0^{t/\varepsilon^2} B^2(W_1(\tau)) d\tau \quad (10)$$

Тогда верно

$$\sup_{0 \leq t \leq T} M \left| \varepsilon \mu_{t/\varepsilon^2} - \bar{B} \varepsilon W_{t/\varepsilon^2} \right|^2 \leq \sup_{0 \leq t \leq T} M \left| \varepsilon^2 \langle \mu, \mu \rangle_{t/\varepsilon^2} - \bar{B}^2 t \right|. \quad (11)$$

Откуда следует

Лемма 1. Предположим, что $B^2(x) \leq C < +\infty$

$$\begin{aligned}\bar{B}^2 &= \int_0^1 B^2(x) dx \\ \bar{B} &= \sqrt{\bar{B}^2}\end{aligned}\tag{12}$$

справедливы неравенства:

$$\sup_{0 \leq t \leq T} M \left| \varepsilon \int_0^{t/\varepsilon^2} B(W_1(s)) dW_2(s) - \bar{B} \tilde{W}_\varepsilon(t) \right|^2 \leq \varepsilon (4TC_3)^{1/2}\tag{13}$$

Теорема 2. Пусть выполнены условия (7)

$$|A(\theta_0, x)| \leq C < +\infty, B^2(x) \leq C < +\infty$$

$$\begin{aligned}\bar{A}(\theta_0) &= \int_0^1 A(\theta_0(x)) dx \\ \bar{B}^2 &= \int_0^1 B^2(x) dx \\ \bar{B} &= \sqrt{\bar{B}^2}\end{aligned}$$

тогда справедлива оценка

$$\sup_{0 \leq t \leq T} M \left| \bar{\xi}_{\theta_0}^\varepsilon(t) - \varepsilon \xi_{\theta_0}^\varepsilon(t/\varepsilon^2) \right| \leq \sqrt{\varepsilon} C_4 \sqrt{T}\tag{14}$$

C_4 выписывается в явном виде

$$d\bar{\xi}_{\theta_0}^\varepsilon(t) = \bar{A}(\theta_0) dt + \bar{B} d\tilde{W}_\varepsilon(t), \bar{\xi}_{\theta_0}^\varepsilon(0) = 0,$$

Доказательство теоремы аналогично доказательству соответствующего утверждения из [2].

Пусть $[5](G_T, \mathfrak{R}_T)$ - измеримое пространство непрерывных функций $\{x_t, 0 \leq t \leq T\}$ на $[0, T]$ с σ -алгеброй $\mathfrak{R}_T$. Обозначим через $\mu_{\theta_0}^T$ вероятностную меру на $(G_T, \mathfrak{R}_T)$, порождённую процессом $\bar{\xi}_\theta^\varepsilon(t): 0 \leq t \leq T$, то есть

$$d\bar{\xi}_\theta^\varepsilon(t) = \bar{A}(\theta) dt + \bar{B} d\tilde{W}_\varepsilon(t), \bar{\xi}_\theta^\varepsilon(0) = 0.$$

Предположим сначала, что наблюдается $\bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon, T} = \{\bar{\xi}_{\theta_0}^\varepsilon(t): 0 \leq t \leq T\}$ траектория решения на промежутке времени $[0, T]$. Известно, что при $\theta \in Q, \theta_0 \in Q$ логарифм отношения правдоподобия имеет вид:

$$\Lambda_T(\theta, \theta_0, \bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon, T}) = \ln \frac{d\mu_\theta^T}{d\mu_{\theta_0}^T}(\bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon, T}) = \int_0^T \frac{\bar{A}(\theta) - \bar{A}(\theta_0)}{\bar{B}} dW^\varepsilon(t) - \frac{1}{2} \int_0^T \left[\frac{\bar{A}(\theta) - \bar{A}(\theta_0)}{\bar{B}} \right]^2 dt,$$

здесь

$$d\tilde{W}_\varepsilon(t) = \frac{d\bar{\xi}_\theta^\varepsilon(t) - \bar{A}(\theta_0) dt}{\bar{B}},$$

то есть

$$\begin{aligned}
\Lambda_T(\theta, \theta_0, \bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon, T}) &= \int_0^T \frac{\bar{A}(\theta) - \bar{A}(\theta_0)}{\bar{B}} dW^\varepsilon(t) - \frac{1}{2} \int_0^T \left[\frac{\bar{A}(\theta) - \bar{A}(\theta_0)}{\bar{B}} \right]^2 dt = \\
&= \int_0^T \frac{\bar{A}(\theta) - \bar{A}(\theta_0)}{\bar{B}} \frac{d\bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(t) - \bar{A}(\theta_0)dt}{\bar{B}} - \frac{1}{2} \int_0^T \left[\frac{\bar{A}(\theta) - \bar{A}(\theta_0)}{\bar{B}} \right]^2 dt = \\
&= \frac{\bar{A}(\theta) - \bar{A}(\theta_0)}{\bar{B}^2} \bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(T) + \frac{\bar{A}^2(\theta_0)}{2\bar{B}^2} T - \frac{\bar{A}^2(\theta)}{2\bar{B}^2} T
\end{aligned} \tag{15}$$

Будем считать, что наблюдается траектория процесса $\bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(t)$ на промежутке времени $0 \leq t \leq T/\varepsilon^2$, то есть наблюдается $\bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon, T/\varepsilon^2} = \{\bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(t) : 0 \leq t \leq T/\varepsilon^2\}$. Подставим в (15) вместо $\bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(T)$ величину $\bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(T/\varepsilon^2)$. Пусть θ_ε^T - оценка, доставляющая максимум функции

$$\Lambda(\theta, \theta_0, \bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(T/\varepsilon^2)) = \frac{\bar{A}(\theta) - \bar{A}(\theta_0)}{\bar{B}^2} \bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(T/\varepsilon^2) + \frac{\bar{A}^2(\theta_0)}{2\bar{B}^2} T - \frac{\bar{A}^2(\theta)}{2\bar{B}^2} T,$$

то есть

$$\Lambda(\theta_\varepsilon^T, \theta_0, \bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(T/\varepsilon^2)) = \max_{\theta \in Q} \Lambda(\theta, \theta_0, \bar{\xi}_{\theta_0}^{\varepsilon}(T/\varepsilon^2)).$$

Теорема 3. Пусть выполнены условия (7)

$$|A(\theta_0, x)| \leq C < +\infty, B^2(x) \leq C < +\infty$$

$$\bar{A}(\theta_0) = \int_0^1 A(\theta_0(x)) dx$$

$$\bar{B}^2 = \int_0^1 B^2(x) dx$$

$$\bar{B} = \sqrt{\bar{B}^2}$$

Пусть для $\bar{A}(\theta)$ справедливо неравенство

$$\inf_{|x| \geq r > 0} |\bar{A}(\theta_0 + x) - \bar{A}(\theta_0)| \geq \tilde{C}|x|^\delta, 0 \leq \delta \leq 1, \tilde{C} > 0, \theta_0 \in Q, \theta_0 + x \in Q, \tag{16}$$

тогда для достаточно малого $\varepsilon > 0$ будем иметь

$$\begin{aligned}
&P\{\sqrt{T}|\theta_\varepsilon^T - \theta_0| > R\} \leq \\
&\leq \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{2\sqrt{K}}{\tilde{C}|R/\sqrt{T}|^\delta \sqrt{T} - 2\gamma(\varepsilon)} \exp\left\{-\frac{1}{8} \left[\frac{\tilde{C}R^\delta T^{(1-\delta)/2} - 2\gamma(\varepsilon)}{\sqrt{K}} \right]^2\right\} + \frac{\sqrt{\varepsilon}\hat{C}_3}{\gamma(\varepsilon)},
\end{aligned} \tag{17}$$

где $\hat{C}_3$ определено в (14), $0 < 2\gamma(\varepsilon) < \tilde{C}R^\delta T^{(1-\delta)/2}$.

Доказательство данной теоремы аналогично доказательству соответствующего утверждения из [3].

Следствие. Выбирая в (17)

$$\gamma(\varepsilon) \rightarrow 0, \varepsilon \rightarrow 0, R = R(\varepsilon) \rightarrow +\infty, T = T(\varepsilon) \rightarrow +\infty, \frac{R(\varepsilon)}{\sqrt{T(\varepsilon)}} \rightarrow 0, \frac{\sqrt{\varepsilon}}{\gamma(\varepsilon)} \rightarrow 0,$$

при $\varepsilon \rightarrow 0$, тогда для достаточно малого $\varepsilon > 0$ для произвольных достаточно малых χ, γ будем иметь:.

$$\frac{R(\varepsilon)}{\sqrt{T(\varepsilon)}} \leq \gamma,$$

$$\sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{2\sqrt{K}}{\tilde{C} |R/\sqrt{T}|^\delta \sqrt{T} - 2\gamma(\varepsilon)} \exp \left\{ -\frac{1}{8} \left[\frac{\tilde{C} R^\delta T^{(1-\delta)/2} - 2\gamma(\varepsilon)}{\sqrt{K}} \right]^2 \right\} + \frac{\sqrt{\varepsilon} \tilde{C}}{\gamma(\varepsilon)} \leq \chi$$

Отсюда и из (17) следует: $P\left\{|\theta_\varepsilon^{T(\varepsilon)} - \theta_0| \leq \gamma\right\} \geq 1 - \chi$, то есть интервал накрытия построен.

Теорема 4. Пусть выполнены условия теоремы 3, тогда справедливо неравенство

$$P\left\{|\tilde{\theta}_\varepsilon^T - \theta_0| > R/\sqrt{T}\right\} \leq$$

$$\leq \frac{\sqrt{\varepsilon} C_3}{\gamma(\varepsilon)} + \frac{2\sqrt{K}}{\left(CR^\delta T^{\frac{1-\delta}{2}} - \sqrt{T}\gamma(\varepsilon)\right)\sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{CR^\delta T^{\frac{1-\delta}{2}} - \sqrt{T}\gamma(\varepsilon)}{\sqrt{K}} \right]^2 \right\}.$$

То есть и в данном случае построить доверительный интервал для неизвестного параметра $\theta_0 \in Q$ можно построить значительно проще.

Результаты исследований подробно изложены в [2].

Выводы. Построен доверительный интервал для неизвестного параметра при периодическом сносе и периодической диффузии, зашумленными некоторым новым винеровским процессом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарев Б.В. Оценка неизвестного параметра в системах со слабым сигналом/ Б.В. Бондарев, С.М. Козырь // Кибернетика и системный анализ – 2011. – №3. – С.109-117.
2. Бондарев Б.В. Об оценке неизвестного параметра в слабом сигнале / Ю.О. Курилина, Б.В. Бондарев // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса: Материалы Международной научной конференции студентов и молодых ученых (Донецк, 17-20 октября 2017 г.). – Том 1: Физико-математические и технические науки / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2017. – С. 84-86.
3. Бондарев Б.В. Оценка неизвестного параметра в системах со слабым сигналом при внутреннем и внешнем зашумлении / Ю.О. Курилина, Б.В. Бондарев // Вестник ДонНУ. – Сер.А: Естественные науки. – 2017. – №3. – С. 3-11.
4. Bensoussan A. Asymptotic analysis for periodic structures. / A. Bensoussan, J.-L. Lions, G. Papanicolau – North-Holland Publishing Company. – 1978. – 700p.
5. Ибрагимов И.А. Асимптотическая теория оценивания. / И.А. Ибрагимов, Р.З. Хасьминский –М.: Наука. -1979. -528с.

УДК 004.056.5: 651.012.12

Рютина Е. В.
Научный руководитель: Мащенко Н. Е., к.э.н., доцент
ГОУ ВПО Донецкий национальный университет

УГРОЗЫ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОННОГО ДЕЛОПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ

Резюме. В статье проанализированы угрозы безопасности электронного делопроизводства на предприятии, а также даны рекомендации по способам их предотвращения.

Ключевые слова: документ, электронный документ, электронное делопроизводство, электронная подпись, защита электронного делопроизводства.

В современном информационном обществе одной из важнейших проблем в электронном делопроизводстве является обеспечение информационной безопасности электронных документов, сохранности электронной информации и защиты персональных данных от несанкционированного доступа. Особенно в последнее время проблема защиты документированной информации обостряется с ростом компьютерных преступлений, связанных с подделкой электронных документов, что наносит большой урон физическим и юридическим лицам, а также государственному сектору.

Авторами наиболее фундаментальных работ, уделяющих внимание в своих трудах вопросам организации электронного делопроизводства, а в частности угрозам безопасности электронного делопроизводства на предприятии, а также способам их предотвращения, являются: Войтник А. И., Гладких А. А., Зайцев А. П., Куняев Н. Н., Машкин Н. А., Шрамкова И. Г. и др.

Целью работы является анализ угроз безопасности электронного делопроизводства на предприятии, а также обоснование практических рекомендаций о способах их предотвращения.

Немаловажное значение в процессе анализа электронного делопроизводства в области угрозы безопасности информации и способов их предотвращений имеет исследование терминологической базы предметной области. Приведем определения основных понятий, используемых в работе, согласно действующим терминологическим стандартам и справочной литературе.

Электронный документ (далее – ЭД) – это документ, информация которого представлена в электронной форме. Система управления документами это комплекс программных и технических средств, организационных и распорядительных документов, позволяющих автоматизировать процессы управления документами. Документационное обеспечение (управления) (далее – ДОУ) – деятельность, целенаправленно обеспечивающая функции управления документами [1].

Проблемы защиты информации стали более сложными и значимыми в связи с переходом жизненного цикла документированной информации на безбумажную, электронную основу с одновременным применением как «бумажных» технологий делопроизводства и документооборота, так и электронных с использованием автоматизированных информационных систем [2].

На практике многие современные предприятия имеют доступ в Интернет, следовательно, их автоматизированные системы имеют соединение с сетями общего доступа, что ставит под угрозу безопасность информационных ресурсов этих систем. Под угрозой безопасности информационных ресурсов будем понимать возможность реализации любого случайного или преднамеренного действия, способного привести к нарушению их безопасности [3].

Стоит отметить, что корпоративные информационные системы (далее – КИС) являются частью любого современного предприятия. КИС отвечает за хранение, передачу и обработку данных, имеющих коммерческую ценность. Защита этих данных является важной задачей. Сложность выполнения этой задачи – в интегрированности КИС. Корпоративная информационная система, как и любая информационная система, подвержена угрозам безопасности. Цель системы защиты информации – противодействие угрозам безопасности в автоматизированных системах обработки информации (далее – АСОИ) [4].

По цели воздействия выделяют три основных типа угроз безопасности АСОИ:

– угрозы нарушения конфиденциальности информации направлены на перехват, ознакомление и разглашение секретной информации;

– угрозы нарушения целостности информации, направлены на ее изменение или искажение, приводящее к нарушению ее качества или полному уничтожению (целостность документа определяется его полнотой и неизменностью [5]);

– угрозы нарушения работоспособности (отказ в обслуживании): направлены на создание таких ситуаций, когда определенные преднамеренные действия либо снижают работоспособность системы, либо блокируют доступ к некоторым ее ресурсам. Атаки, реализующие данный тип угроз, называются также DoS-атаками (Denied of Service – отказ в обслуживании).

Источниками внешних угроз могут являться недобросовестные конкуренты, преступные группировки и формирования, отдельные лица и организации административно-управленческого аппарата. Источниками внутренних угроз могут быть администрация предприятия, персонал, технические средства обеспечения производственной и трудовой деятельности.

Наиболее опасным с точки зрения размера нанесенного ущерба в большинстве случаев является именно нарушение конфиденциальности информации:

– разглашение – это умышленные или неосторожные действия с конфиденциальными сведениями, приведшие к ознакомлению с ними лиц, не допущенных к ним. Разглашение выражается в сообщении, передаче, предоставлении, пересылке, опубликовании, утере и в других формах обмена и действий с деловой и научной информацией. Реализуется разглашение по формальным и неформальным каналам распространения информации. К формальным коммуникациям относятся деловые встречи, совещания, переговоры и тому подобные формы общения: обмен официальными деловыми и научными документами, средствами передачи официальной информации (почта, телефон, телеграф и т.д.). Неформальные коммуникации включают личное общение, выставки, семинары, конференции и другие массовые мероприятия, а также средства массовой информации;

– утечкой информации можно считать бесконтрольный выход конфиденциальной информации за пределы организации или круга лиц, которым она была доверена. Утечка информации осуществляется по различным техническим каналам [6].

Следовательно, основной функцией современных систем защищенного электронного документооборота (далее – СЗЭД) является обеспечение защищенного обмена юридически значимыми электронными документами. Защищенность СЭД обеспечивается совокупностью программных и технических средств защиты информации и процессов ее обработки от доступа не легитимных пользователей (процессов). Юридическая значимость ЭД определяется установленными правилами документирования и результатом проверки соответствия ЭД следующим требованиям:

- конфиденциальности ЭД;
- целостности ЭД;
- доступности ЭД;
- легитимности ЭД;
- достоверности ЭД;
- аутентичности (подлинности) ЭД.

В процессе обработки ЭД может подвергаться различным деструктивным воздействиям, приводящим к потере его юридической значимости. Последствия потери юридической значимости ЭД будут определяться ролью ЭД в решении конкретной задачи. На Рисунке 1 в общем виде отражена причинно-следственная связь деструктивных воздействий на ЭД и возможного ущерба. Таким образом, угрозы безопасности информации в СЗЭД необходимо рассматривать с позиций системной утраты юридической значимости ЭД [4].



Рисунок 1. – Возможный ущерб от деструктивного воздействия на ЭД

В тоже время следует отметить, что при ведении учета конфиденциальных документов возможно возникновение следующих опасных ситуаций:

- выпадение документа из учетной системы за счет ошибочных или злоумышленных действий работника службы кадрового делопроизводства;
- отсутствие фиксируемого контроля за документом при переходе его от одной технологической стадии движения и процедуры обработки к другой;
- включение конфиденциальных сведений из документов в учетные формы;
- утечка информации по техническим каналам;
- использование работником службы кадрового делопроизводства традиционной или автоматизированной технологии, не предназначенной для обработки и хранения конфиденциальных документов, или самодельной, непрофессиональной технологии;
- нарушение порядка выполнения учетных операций и ведения справочно-информационного банка данных по документам.

Основной способ защиты информации при указанных угрозах – строгая регламентация специализированных технологических процедур учета и контроль за соблюдением работниками службы кадрового делопроизводства и персоналом утвержденных руководством организации требований и правил [7].

В целом если раньше обеспечивалась защита непосредственно самих электронных документов или информационных ресурсов, содержащих документы, то теперь изменяется основной вектор атак и, соответственно, объект защиты. Кроме традиционных атак на информационные ресурсы все чаще их объектом становится взаимодействие «человек – электронный документ», «человек – информационный ресурс». Таким образом, защищать надо не столько сами документы, сколько системы передачи, обработки и хранения электронных документов при доступе пользователей к работе с электронными документами [8].

Анализ угроз безопасности электронного делопроизводства на предприятии позволяет определить степень опасности угрозы, а также способы их реализации, для того чтобы у предприятия была возможность, выявить и предотвратить угрозу электронному делопроизводству. Существующие в настоящее время методы и системы защиты информации имеют множество отличий друг от друга, но, тем не менее, их можно разделить на основные классы.

Программные методы защиты. Данные методы включает в себя весь программный комплекс, участвующий в процессе защиты информации.

Криптографический метод защиты. Криптография – наука, изучающая построение и использование систем шифрования, в том числе их стойкость, слабости и степень уязвимости относительно различных методов вскрытия. Криптоанализ – наука о преодолении криптографической защиты информации. Криптографическая защита включает два элемента: а) алгоритм шифрования; б) ключи шифрования. Существуют два вида ключей – открытые и закрытые. Технология закрытого ключа состоит в следующем: посылая адресату сообщение, пользователь применяет специальную программу и ключ. Адресат, получив сообщение, пользуется точно такой же программой и таким же ключом. Оба участника должны знать секретный ключ (закрытый). Если используется открытый ключ, то у каждого участника переписки есть два ключа: открытый и закрытый. Открытый ключ передается кому угодно, закрытый – нет. Посылая сообщение адресату В, участник А шифрует его открытым ключом, а В, получая сообщение, расшифровывает его закрытым ключом. Техническое обеспечение электронной цифровой подписи основано на использовании методов криптографии [9].

Эффективность защиты информации определяется ее своевременностью, активностью, непрерывностью и комплексностью. Очень важно проводить защитные мероприятия комплексно, то есть обеспечивать нейтрализацию всех опасных каналов утечки информации. Необходимо помнить, что даже один-единственный не закрытый канал утечки может свести на нет эффективность системы защиты [10].

Эффективная программная и аппаратная защита информационных ресурсов является важнейшей составляющей комплексной системы обеспечения информационной безопасности на предприятии, позволяя, в свою очередь, оптимизировать финансовые затраты на организацию защиты информации. Данная система защиты информации предполагает комплекс мероприятий по защите от несанкционированного доступа по различным каналам, а также нейтрализацию специальных воздействий на нее – уничтожения, искажения или блокирования доступа.

Электронная подпись (далее – ЭП) – информация в электронной форме, которая присоединена к другой информации в электронной форме (подписываемой информации) или иным образом связана с такой информацией и которая используется для определения лица, подписывающего информацию [11].

Проанализировав особенности использования цифровой подписи в электронном делопроизводстве, как одно из основных способов предотвращения угроз безопасности электронного делопроизводства на предприятии, следует отметить, что ЭП обеспечивает:

- защиту от изменений электронного документа. При любом изменении документа, на котором проставлена электронная подпись, будет отображаться информация о том, что он был изменен. Так же в ряде программ, например, «1С: Документооборот 8», для того чтобы изменить документ, на котором проставлена ЭП, требуется ее изначально удалить;

- невозможность отказа от авторства. При реализации системы «Одно лицо – одна электронная подпись» и возможности онлайн проверки в «Главном Удостоверяющем Центре», невозможно будет отказаться от авторства ЭП;

- удостоверение источника документа. В единой подписи, реализованной в данный момент в ДНР, есть ряд обязательных полей для заполнения (ФИО, должность и т.д.), которые позволяют определять источник документа;

- предприятиям и коммерческим организациям сдачу финансовой отчетности в государственные учреждения в электронном виде. Например, посредством электронных ключей в ДНР для сдачи налоговой отчетности с помощью «Личного кабинета плательщика»;

- организацию юридически значимого электронного документооборота.

В тоже время следует отметить, что в сфере защиты электронного делопроизводства насущной проблемой является возможность взлома ЭП на основе криптоанализа. Для того чтобы обезопасить свои данные особое внимание нужно уделять способу хранения закрытого ключа.

В настоящее время существуют множество устройств хранения закрытого ключа: дискеты, смарт-карты, usb-брелоки и т. д. Кража или потеря одного из таких устройств хранения может быть легко замечена пользователем, после чего соответствующий сертификат может быть немедленно отозван.

Наиболее защищенный способ хранения закрытого ключа – хранение на смарт-карте и токены. Для того чтобы использовать смарт-карту, пользователю необходимо не только ее иметь, но и ввести PIN-код, т. е., получается двухфакторная аутентификация.

Проанализировав угрозы безопасности электронного делопроизводства на предприятии, можно с уверенностью сказать, что из-за того, что электронное делопроизводство – динамично, проблемы, возникающие в данной сфере такие же, угрозы постоянно изменяются и совершенствуются, что в свою очередь, представляет опасность не только для рядового пользователя, но и для предприятий в целом. Как только специалисты находят способы защиты документации и информации от определенных угроз, появляются новые: более опасные и трудно решаемые. В связи с этим законодательство в этой сфере также должно быть динамично и скорее иметь прецедентный характер. Также, исходя из вышесказанного, стоит отметить, что ЭП хоть и является одной из важнейших составляющих аспектов защиты электронного делопроизводства, но она не может в полной мере защищать ЭД, поэтому не стоит забывать о других программных и аппаратных средствах защиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 7.0.8–2013. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения [Текст] / Федер. агентство по техн. регулированию и метрологии ; Всерос. науч.-исследоват. ин-т документооборота и архивного дела. – Взамен ГОСТ Р 51141–98 ; введ. 2014-03-01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – IV, 11 с.
2. Куняев, Н. Н. Конфиденциальное делопроизводство и защищенный электронный документооборот: учебник / Н. Н. Куняев, А. С. Демушкин; под общ. ред. Н. Н. Куняева. – М. : Логос, 2011. – 452 с.
3. Прудников, А. И. Особенности использования технологии Vipnet для защиты информации в корпоративных сетях / А. И. Прудников, В. Г. Шахов // Омский научный вестник №2 (110) – Омск : ОГУПС, 2012. – С. 272–274.
4. Известия ЮФУ [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-ugroz-bezopasnosti-informatsii-pri-ee-obrabotke-v-sisteme-zaschisnennogo-elektronного-dokumentooborota>, свободный (дата обращения: 25.01.2019). – Загл. с экрана.
5. ГОСТ Р ИСО 15489-1-2007. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Управление документами. Общие требования [Текст] / Федер. агентство по техн. регулированию и метрологии. – введ. 2007-07-01. – Москва : Стандартинформ, 2007. – 34 с.
6. Горбачевская, Е. Н. Исследование механизмов защиты данных в корпоративных информационных системах // Вестник волжского университета им. В.Н. Татищева, 2012. – № 4(20) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-mehanizmovzaschitydannyhvkorporativnyh-informatsionnyh-sistemah-1>, свободный (дата обращения: 25.01.2019). – Загл. с экрана.
7. Кузнецов, И. Н. Делопроизводство: учебно-справочное пособие / И. Н. Кузнецов – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2009. – 520 с.
8. Булдакова, Т. И. Оценка эффективности защиты систем электронного документооборота / Т. И. Булдакова, Б. В. Глазунов // Доклады ТУСУРа, № 1 (25), часть 2 – Томск : ТУСУР, 2012. – С. 52–56.
9. Басалова, Г. В. Основы криптографии / Г. В. Басалова – М. : Национальный Открытый Университет «ИНТУ ИТ», 2016. – 283 с.
10. Зайцев, А. П. Технические средства и методы защиты информации: учебник для вузов / А. П. Зайцев, А. А. Шелупанов и др.; под ред. А. П. Зайцева и А. А. Шелупанова. – М. : ООО «Издательство Машиностроение», 2009 – 508 с.
11. Об электронной подписи [Электронный ресурс] : закон ДНР от № 60–ІНС от 19.06.2015 [Электронный ресурс] // Донецкая Народная Республика : официальный сайт. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа: <http://dnrsovet.su/zakon-donetskoj-narodnoj-respubliki-ob-elektronnoj-podpisi/>, свободный (дата обращения: 25.01.2019). – Загл. с экрана.

ПЕРЕХОД ОТ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ К НЕПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ: ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ

Резюме. В данной работе проведено сравнение методов параметрической и непараметрической статистики и изучена целесообразность их использования. Пример основан на реальных статистических данных, описывающих динамику рождаемости Португалии по возрастной группе в период с 1971 по 2017 г.

Ключевые слова: связанные выборки, параметрическая и непараметрическая статистика, критерий Вилкоксона, t-критерий Стьюдента.

Введение. В математическом мире особое значение занимает статистика, занимающаяся обработкой данных – результатов наблюдений, измерений, испытаний, анализов, опытов, методы которой активно используются во многих научных и прикладных работах в области экономических и технологических исследований, а также широко применяются в медицине, истории, и пр.

Большинство статистических методов были разработаны еще в начале XX-го века [1]. Однако, как и все другие науки, математическая статистика имела свое развитие, поэтому на сегодняшний день мы можем выделить два типа статистических методов: классический (параметрический) и современный (непараметрический). Обычно параметрические методы, используемые в анализе экспериментальных данных, основаны на предположении нормальности распределения этих данных. Однако, анализ конкретных результатов наблюдений, в частности, погрешностей измерений, всегда приводит к выводу – в подавляющем большинстве случаев реальные распределения существенно отличаются от нормальных. Некритическое использование гипотезы нормальности часто приводит к значительным ошибкам. Поэтому целесообразно использовать непараметрические методы, в которых на функции распределения результатов наблюдений наложены лишь весьма слабые требования. На данный момент известно большое количество методов непараметрической статистики, наиболее известными являются: критерий Крамера – Уэлча, Сэвиджа, Ван-дер-Вардена, и т.д.

Основной целью данной работы было выявление однородности с использованием методов параметрической и непараметрической статистики- t-критерия Стьюдента и критерия Вилкоксона.

Основная часть. Для наглядного представления проанализируем статистику общего коэффициента рождаемости Португалии по возрастной группе в период с 1971 по 2017 г. [2]. Согласно критерию независимости χ^2 [3] было установлено, что выборки являются зависимыми.

Применение параметрического t-критерия Стьюдента. t-критерий Стьюдента [3] является методом параметрической статистики, основанным на предположении о нормальном распределении выборки. Априори мы не можем гарантировать нормальность распределения полученных результатов научных, экономических или других наблюдений. Поэтому прежде полученную статистику стоит проверить на нормальность, однако, в большинстве случаев данная процедура является довольно трудоемкой. Так как для более надежного установления нормальности требуется

провести большое количество наблюдений, что не всегда является возможным. Поэтому естественнее предполагать, что распределение результатов наблюдений отличаются от нормального.

Изучим коэффициент рождаемости. Наблюдаемый за n -й период результат представлен в виде двух связанных, зависимых выборок $\{X_i\}_{i=\overline{1,n}}$ и $\{Y_i\}_{i=\overline{1,n}}$, первая из которых – возрастная группа от 15 до 19 лет, вторая – от 20 до 24 лет. Построим модель парных наблюдений:

$$Y_i = X_i + \theta + \varepsilon_i, i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где ε_i – наблюдаемые случайные величины θ - возрастное изменение

Определим разности $V_i = Y_i - X_i$, $i = \overline{1, n}$. Тогда модель парных наблюдений, проводимых с целью выяснения эффекта обработки, можно записать в виде:

$$V_i = \theta + \varepsilon_i, i = \overline{1, n} \quad (2)$$

где ε_i – наблюдаемые случайные величины, причем $L(\varepsilon_i) = N(\theta; \sigma_V^2)$, $i = 1, \dots, n$.

Для построенной нами модели наблюдений статистические задачи связаны с построением оценок параметра θ и проверкой гипотез относительно этого параметра по наблюдаемым данным $\{X_i\}_{i=\overline{1,n}}$ и $\{Y_i\}_{i=\overline{1,n}}$, являющиеся зависимыми выборками.

Для модели наблюдения вида (2) проверим нулевую гипотезу об отсутствии влияния возраста на рождаемость, т.е. $H_0: \theta = \theta_0$, тут θ_0 – заданная постоянная величина. Данная гипотеза против односторонних альтернатив $H_1^+: \theta > \theta_0$, $H_1^-: \theta < \theta_0$, либо двусторонней $H_1: \theta \neq \theta_0$. Для проверки заданных гипотез воспользуемся парным t – критерием Стьюдента, основанным на статистике вида:

$$T(\vec{X}, \vec{Y}) = \sqrt{n}(\bar{V} - \theta_0) / \widetilde{S}_V, \quad (3)$$

где $\bar{V}$ - выборочное средние разности $V = (X - Y)$, $\widetilde{S}_V$ – выборочная дисперсия данной разности, т.е.

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum V_i, \widetilde{S}_V^2 = \frac{1}{n-1} \sum (V_i - \bar{V})^2.$$

Стоит отметить, что для принятой модели парных наблюдений ряд значений разностей $\{V_i\}_{i=\overline{1,n}}$ при справедливости нулевой гипотезы H_0 , можем считать нормально распределенными. Из этого следует, что статистика (3) при выполнении нулевой гипотезы имеет распределение Стьюдента с $(n-1)$ степенью свободы. Следовательно, Р-значение критерия, статистики (3) для проверки гипотез можно вычислять по формулам, приведенным в таблице 1.

Таблица 1.

Нулевая гипотеза	Альтернатива	Р-значение
$H_0: \theta = \theta_0$, σ^2 неизвестно	$H_1^+: \theta > \theta_0$ $H_1^-: \theta < \theta_0$ $H_1: \theta \neq \theta_0$	$P = \Pr\{St(n-1) \geq t(\bar{x}, \bar{y}) H_0\}$ $P = \Pr\{St(n-1) \leq t(\bar{x}, \bar{y}) H_0\}$ $P = 2 \min[\Pr\{St(n-1) \geq t(\bar{x}, \bar{y}) H_0\},$ $\Pr\{St(n-1) \leq t(\bar{x}, \bar{y}) H_0\}]$

тут $S_n(n-1)$ имеет распределение Стьюдента с $(n-1)$ числом степеней свободы, $t(\bar{x}, \bar{y})$ – наблюдаемое значение статистики (3). Для получения окончательного значения принимает во внимание Р-значение.

Изучим динамику рождаемости Португалии по возрастной группе в период с 1971 по 2017 г. ($n = 46$)

Таблица 2. Коэффициент рождаемости в Португалии, период 1971-2017гг.

Общий коэффициент рождаемости по возрастной группе %
--

Базовый период данных	15-19 (лет)	20-24 (лет)	Базовый период данных	15-19 (лет)	20-24 (лет)
2017	7,98	33,03	1993	22,64	76,64
2016	8,07	33,45	1992	22,70	79,92
2015	8,43	32,06	1991	23,41	84,80
2014	9,26	31,70	1990	23,87	84,94
2013	10,65	32,86	1989	25,90	93,19
2012	12,15	37,51	1988	27,22	97,12
2011	13,29	40,51	1987	28,79	98,18
2010	14,50	45,50	1986	30,80	103,26
2009	15,39	45,06	1985	32,94	106,15
2008	16,17	47,33	1984	37,17	119,36
2007	17,04	45,49	1983	37,63	122,16
2006	17,20	46,84	1982	39,18	130,36
2005	19,15	48,63	1981	39,61	133,55
2004	19,70	48,90	1980	42,48	145,69
2003	20,11	51,56	1979	42,34	149,93
2002	21,19	54,51	1978	46,47	159,69
2001	20,75	56,29	1977	51,14	174,01
2000	21,90	62,67	1976	51,19	180,46
1999	21,06	61,56	1975	39,62	152,96
1998	20,72	61,28	1974	33,30	130,19
1997	21,00	63,55	1973	30,76	129,91
1996	20,85	63,96	1972	30,94	137,68
1995	20,62	64,78	1971	30,95	150,22
1994	21,41	70,10			

Проверим гипотезу $H_0: \varphi_V = 0$ против альтернативы $H_1: \varphi_V \neq 0$. Вычислим наблюдаемое значение статистики:

$$t(\vec{x}, \vec{y}) = \frac{\sum \frac{v_i}{n}}{\sqrt{\frac{\sum v_i^2 - \frac{(\sum v_i)^2}{n}}{n(n-1)}}} = 12,945.$$

Критическое значение распределения Стьюдента $t_{1-\frac{\alpha}{2}, (n-1)} = t_{0.995, (45)} = 2,95$.

Значит, гипотеза H_0 отвергается на уровне значимости $\alpha = 0,01$, то есть разница между выборками является значимой при однопроцентном уровне значимости.

Непараметрический критерий Вилкоксона. Критерий Вилкоксона [4, 5] - это один из методов непараметрической статистики, являющимся аналогом t-критерия Стьюдента, однако данный критерий является менее требовательным к первоначальным данным и используется в том случае, когда сравниваемые выборки связаны некоторыми общими условиями, а также имеются неоднозначные количественные изменения исследуемого явления. Критерий Вилкоксона является более мощным, нежели критерий знаков [4], и относится к ранговым критериям. Такой метод учитывает не только направленность разницы, но и ее величину.

Воспользуемся критерием Вилкоксона для расчета представленных статистических данных, для чего таблицу 2 представим в виде:

Таблица 3

Общий коэффициент рождаемости по возрастной группе %
--

Базовый период	15-19 (лет)	20-24 (лет)	Разница	Ранг разницы	Базовый период	15-19 (лет)	20-24 (лет)	Разница	Ранг разницы
2017	7,98	33,03	25,05	4	1993	22,64	76,64	54,00	25
2016	8,07	33,45	25,38	6	1992	22,70	79,92	57,22	26
2015	8,43	32,06	23,63	3	1991	23,41	84,80	61,39	28
2014	9,26	31,70	22,44	2	1990	23,87	84,94	61,07	27
2013	10,65	32,86	22,21	1	1989	25,90	93,19	67,29	29
2012	12,15	37,51	25,36	5	1988	27,22	97,12	69,90	31
2011	13,29	40,51	27,22	7	1987	28,79	98,18	69,39	30
2010	14,50	45,50	31,00	13	1986	30,80	103,26	72,46	32
2009	15,39	45,06	29,67	12	1985	32,94	106,15	73,21	33
2008	16,17	47,33	31,16	14	1984	37,17	119,36	82,19	34
2007	17,04	45,49	28,45	8	1983	37,63	122,16	84,53	35
2006	17,20	46,84	29,64	11	1982	39,18	130,36	91,18	36
2005	19,15	48,63	29,48	10	1981	39,61	133,55	93,94	37
2004	19,70	48,90	29,20	9	1980	42,48	145,69	103,21	40
2003	20,11	51,56	31,45	15	1979	42,34	149,93	107,59	42
2002	21,19	54,51	33,32	16	1978	46,47	159,69	113,22	43
2001	20,75	56,29	35,54	17	1977	51,14	174,01	122,87	46
2000	21,90	62,67	40,77	20	1976	51,19	180,46	129,27	47
1999	21,06	61,56	40,50	18	1975	39,62	152,96	113,34	44
1998	20,72	61,28	40,56	19	1974	33,30	130,19	96,89	38
1997	21,00	63,55	42,55	21	1973	30,76	129,91	99,15	39
1996	20,85	63,96	43,11	22	1972	30,94	137,68	106,74	41
1995	20,62	64,78	44,16	23	1971	30,95	150,22	119,27	45
1994	21,41	70,10	48,69	24					Σ 1128

Наблюдений с разностью рангов ноль в нашем случае нет, следовательно, количество исследований остается неизменным. За фактический критерий Вилкоксона примем меньшую сумму рангов со знаком «-» равную 0. Так как число наблюдений $n > 25$, то критическое значение критерия определяем по формуле:

$$T_{st} = \frac{n(n+1)}{4} - t \sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}} = 539.58,$$

где n – число парных наблюдений, t (критерий Стьюдента) зависит от принятого уровня значимости.

Фактическое значение критерия Вилкоксона меньше чем критическое, следовательно, с 99% вероятностью можно утверждать, что различия между сравниваемыми статистическими группами достоверны.

Выводы. В результате проведения статистических исследований пришли к следующему выводу: связанными (зависимыми) выборками называют такие выборки, в которых показатели одной из них могут быть связаны с показателями в другой. Поэтому проанализировав полученные статистические данные о рождаемости в Португалии, пришли к выводу, что возраст непосредственно влияет на рождаемость в данном регионе, следовательно, две выборки являются зависимыми.

Также в процессе исследования было установлено, что не каждая функция распределения может принадлежать к заданному параметрическому семейству. Поэтому для проверки гипотез следует использовать методы, не зависящие от характера

распределения, а именно в таком случае следует прибегать к непараметрическим методам статистики.

Относительно целесообразности перехода от параметрической к непараметрической статистике можно сказать, что каждая из них имеет свои достоинства и недостатки, поэтому при проведении статистического анализа следует учитывать индивидуальные характеристики того или иного метода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов А.И. Основные этапы становления статистических методов / А.И. Орлов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №97(03). С. 1-25.
2. Instituto Nacional de Estatistica (INE): <https://www.bportugal.pt/enUS/EstabilidadeFinanceira/Publicacoes/RelatoriodeEstabilidadeFinanceira/Pages/RelatoriodeEstabilidadeFinanceira.aspx>.
3. Клесов О.И. Избранные вопросы теории вероятностей и математической статистики / О.И.Клесов. - Киев, 2013. -330с.(укр.яз)
4. Шуленин В.П. Математическая статистика. Ч. 2. Непараметрическая статистика: учебник. / В.П.Шуленин. – Томск: Изд-во НТЛ, 2012. – 388 с.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**Вестник студенческого научного общества
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
2019. – Вып. 11**

**Том 1
Естественные науки**

Оригинал-макет подготовлен *А.А. Торба*

Подписано в печать 29.03.2019 г.
Формат 60×84/8. Бумага офисная.
Печать – цифровая. Усл.-печ. л. 25,07

Издательство ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»
283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24.
Свидетельство о внесении субъекта
издательской деятельности в Государственный реестр
серия ДК № 1854 от 24.06.2004 г.