

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ**

# **В Е С Т Н И К**

**«ЛУГАНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**

**№ 5(47)  
2021**

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
"ОТКРЫТЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2021"**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

**Луганск 2021**

# ВЕСТНИК

ЛУГАНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

№ 5 (47) 2021

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ  
ОСНОВАН В 2015 ГОДУ  
ВХОДИТ В БАЗУ  
РИНЦ

ОСНОВАТЕЛЬ  
ГОУ ВО ЛНР «ЛУГАНСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

Журнал зарегистрирован в Министерстве информации,  
печати и массовых коммуникаций  
Серия № ПИ 000170 от 19 января 2021 г.

Свидетельство о государственной регистрации  
Издателя, изготовителя и распространителя средства  
массовой информации  
МИ-СРГ ИД 000003 от 20 ноября 2015г.

Журнал включен в перечень научных изданий ВАК ЛНР (Приказ № 8-ОД от 8.01.19) в котором могут публиковаться результаты диссертационных работ на соискание ученой степени доктора и кандидата физико-математических, химических, технических, экономических, исторических, философских, филологических, юридических, педагогических, психологических, социологических наук.

ISSN 2522-4905

## Главная редакционная коллегия :

Рябичев В.Д., докт. техн. наук, (главный редактор),  
Гутько Ю.И., докт. техн. наук, (зам. главн. редактора),  
Витренко В.А., докт. техн. наук (зам. главн. редактора),  
Авершин А.А., канд. психол. наук,  
Андрійчук Н.Д., докт. техн. наук,  
Атоян А.И., докт. филос. наук,  
Белых А.С., докт. пед. наук,  
Бельдюгин В.А. канд. ист. наук,  
Болдырев К.А., докт. экон. наук,  
Будиков Л.Я., докт. техн. наук,  
Губачева Л.А., докт. техн. наук,  
Дейнека И.Г., докт. техн. наук,  
Дрозд Г.Я., докт. техн. наук,  
Ерошин С.С., докт. техн. наук,  
Замота Т.Н., докт. техн. наук,  
Исаев В.Д., докт. филос. наук,  
Клименко А.С., докт. филол. наук,  
Коваленко А.А., канд. техн. наук, проф,  
Кривоколыско С.Г., докт. хим. наук,  
Крохмалева Е.Г., канд. пед. наук,  
Корсунов К.А., докт. техн. наук,  
Лазор В.В., докт. юридич. наук,  
Лазор Л.И., докт. юридич. наук,  
Лустенко А.Ю., докт. филос. наук,  
Ляпин В.П., докт. биол. наук,

Максимова Т.С., докт. экон. наук,  
Максимов В.В., докт. экон. наук,  
Мечетный Ю.Н., докт. мед. наук,  
Мирошников В.В., докт. техн. наук,  
Мортиков В.В., докт. экон. наук,  
Нечаев Г.И., докт. техн. наук,  
Панайотов К.К., канд. техн. наук,  
Родионов А.В., докт. экон. наук,  
Рябичева Л.А., докт. техн. наук,  
Салита С.В., докт. экон. наук,  
Санжаров С.Н., докт. ист. наук,  
Свиридова Н.Д., докт. экон. наук,  
Семен Д.А., докт. техн. наук,  
Скляр П.П., докт. психол. наук,  
Слащев В.А., канд. техн. наук, проф,  
Тарарычкін І.А., докт. техн. наук,  
Тисунова В.Н., докт. экон. наук,  
Утутов Н.Л., докт. техн. наук,  
Фесенко Ю.П., докт. филол. наук,  
Харьковский Р.Г. канд. ист. наук,  
Шамшина И.И., докт. юридич. наук,  
Шелюто В.М., докт. филос. наук,  
Яковенко В.В., докт. техн. наук

Ответственный за выпуск: Корсунов К.А.

Рекомендовано в печать Ученым советом Луганского государственного университета имени Владимира Даля.  
(Протокол № 1 от 02.10.2020 г.)

Материалы номера печатаются на языке оригинала.

# VESTNIK

LUGANSK  
VLADIMIR DAHL  
STATE UNIVERSITY

№ 5 (47) 2021

THE SCIENTIFIC JOURNAL  
WAS FOUNDED IN 2015  
INCLUDED INTO THE BASE OF  
RISC

FOUNDER  
SEE HT LPR  
«LUGANSK VLADIMIR DAHL  
STATE UNIVERSITY»

Journal is registered by the Ministry of Information,  
Publishing and Mass Communications  
Series № PI 000170 of January, 19 2021

State Registration Certificate of Publisher, Producer  
and Distributor of means of mass information

MI-SRG ID 000003 of November, 20 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

**СЕКЦИЯ 1.  
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ**

АКУСТИЧЕСКИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ В НЕИДЕАЛЬНОМ 1D ФОНОННОМ КРИСТАЛЛЕ Румянцев В.В., Федоров С.А., Паладян Ю.А. -----	11
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РУТЕНИЕВЫХ ТОЛСТОПЛЕНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ КОЛИЧЕСТВОМ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ФАЗ Лозинский Н.С. -----	17
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА ТЕМПЛАТНОГО СИНТЕЗА УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК И НАНОУГЛЕРОДА МЕТОДОМ CVD. ВЛИЯНИЕ МАКРОКИНЕТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРОЦЕССА, СТРУКТУРЫ КАТАЛИЗАТОРА И НОСИТЕЛЯ НА МОРФОЛОГИЮ УГЛЕРОДНЫХ ПРОДУКТОВ Прудченко А.П., Савоськин М.В., Полякова О.Ю., Бурховецкий В.В., Волкова Г.К., Глазунова В.А. --	23
ЕСТЕСТВЕННАЯ ОПТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ НЕИДЕАЛЬНОГО МОЛЕКУЛЯРНОГО КРИСТАЛЛА В ОБЛАСТИ ЭКСИТОННОГО РЕЗОНАНСА Румянцев В.В., Федоров С.А., Рыбалка А.Е. -----	29
ЭВОЛЮЦИЯ ПЕТЕЛЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГИСТЕРЕЗИСА И СОСТОЯНИЯ ПЬЕЗОАКТИВНОСТИ В СИСТЕМЕ НИОБАТОВ НАТРИЯ - КАЛИЯ - КАДМИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УСЛОВИЙ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ Мойса М.О., Андрушин К. П., Резниченко Л. А. -----	34
ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ, ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И СЕГНЕТОЭЛАСТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ PZT-CN Андрушин К.П., Шилкина Л.А., Нагаенко А.В., Андрушина И.Н., Дудкина С.И., Резниченко Л.А. --	37
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В ПЛЁНКАХ $CN_x:EU_yO_z$ . Шемченко Е.И., Яковец А.А., Лихтенштейн И.Я. -----	42
ГИДРОСТРИКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АНОДОВ И КАТОДОВ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ НА ОСНОВЕ НИОБАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ И ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ Зубарев Я.Ю., Шилкина Л.А., Крутов В.А., Назаренко А.В., Резниченко Л.А. -----	46
СВЯЗЬ ИСЧИСЛЕНИЯ ВНЕШНИХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ФОРМ С МЕТОДОМ ЯКОБИАНОВ И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕРМОДИНАМИКЕ Шелест В.В., Червинский Д.А. -----	52
СВЯЗЬ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ С АКУСТИКОЙ Шелест В.В., Червинский Д.А., Христов А.В. -----	54
СОИНТЕРКАЛАТ НИТРАТА ГРАФИТА С ЭТИЛ- И БУТИЛАЦЕТАТОМ КАК ПРЕДШЕСТВЕННИК УГЛЕРОДНЫХ НАНОЧАСТИЦ Осколкова О.Н., Давыдова А.А., Ракша Е.В., Гнатовская В.В., Сухов П.В., Берестнева Ю.В., Глазунова В.А., Бурховецкий В.В., Волкова Г.К., Савоськин М.В. -----	57
ГРАФИТОПОДОБНЫЕ ПЛЕНКИ С ВЫСОКОЙ АНИЗОТРОПИЕЙ ПРОВОДИМОСТИ Изотов А.И., Кильман Г.В., Сироткин В.В., Шалаев Р.В. -----	63
ПРИМЕНЕНИЕ НИОБАТНОЙ СЕГНЕТОПЬЕЗОКЕРАМИКИ В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ Дудкина С.И., Шилкина Л.А., Андрушин К.П., Андрушина И.Н., Вербенко И.А., Резниченко Л.А. --	66
ПОВЕДЕНИЕ АНИОННОЙ ВАКАНСИИ В (100) ПЛАСТИНАХ АНАТАЗА РАЗЛИЧНОЙ ТОЛЩИНЫ Токий Н.В., Токий В.В., Гребенюк Н.А. -----	70

ТРЕХКОМПОНЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ОДНОФАЗНОГО ГИБРИДА ДЛЯ СУБМИКРОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ МЕДИ В ПРИБЛИЖЕНИИ ФОГТА Токий В. В., Токий Н.В.-----	74
РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ И ОПТИЧЕСКИХ КОНСТАНТ ТОНКИХ ПЛЕНОК ПО СПЕКТРАМ ПРОПУСКАНИЯ Жидель К.М., Павленко А.В.-----	77
ДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ДЕФОРМАЦИИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ Малашенко В.В.-----	83
ОПТИМИЗАЦИЯ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НИОБАТА НАТРИЯ-КАЛИЯ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ МЕХАНОАКТИВАЦИИ Глазунова Е.В., Шилкина Л.А., Вербенко И.А., Ситало Е.И., Нагаенко А.В., Резниченко Л.А. -----	87
КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ФАЗЫ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $ABO_3 - LiNbO_3$ ( $ABO_3 - BiFeO_3$ , $LaMnO_3$ И $LaFeO_3$ ) Рудский Д.И., Лебединская А.Р., Кабиров Ю.В., Кофанова Н.Б., Рудская А.Г. -----	90
МАГНЕТОСОПРОТИВЛЕНИЕ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ НА ОСНОВЕ МАНГАНИТА ЛАНТАНА-ВИСМУТА: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ И ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ Волков Д.В., Вербенко И.А., Шилкина Л.А., Павленко А.В., Павелко А.А. -----	95
ФАЗОВАЯ ДИАГРАММА И СВОЙСТВА КЕРАМИКИ $(0.5-x)BiFeO_3-0.5PbFe_{0.5}Nb_{0.5}O_3-xPbTiO_3$ Болдырев Н.А., Ситало Е.И., Шилкина Л.А., Назаренко А.В., Резниченко Л.А. -----	98
УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ КРИСТАЛЛОВ NE И AR ПОД ДАВЛЕНИЕМ Горбенко Е.Е., Пилипенко Е.А., Ткачева А.О. -----	106
ИСТОРИЯ, ПРИМЕНЕНИЕ, ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МУЛЬТИФЕРРОИКА $BiFeO_3/Yb$ Хасбулатов С. В., Вахажи Х-М. М., Мацаев М-С.М.-----	115
ПОЛУЧЕНИЕ, СТРУКТУРА И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МУЛЬТИФЕРРОИКА $BiFeO_3/La$ Хасбулатов С.В., Вахажи Х-М.М., Лепнев Х.Х-----	118
СПЕКТРОСКОПИЯ, ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА $BiFeO_3/Pr$ Абдулмуслимова С.А., Хасбулатов С.В, Корсунов К.А.-----	122
ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО МУЛЬТИФЕРРОИКА $BiFeO_3/Sm$ Абдулмуслимова С.А., Хасбулатов С.В.-----	126

## СЕКЦИЯ 2. ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРЯЧИХ И ХОЛОДНЫХ ПЯТЕН УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО МУТАГЕНЕЗА НА УЧСТКЕ ДВУНИТЕВОЙ ДНК С ОДНОРОДНЫМ НУКЛЕОТИДНЫМ СОСТАВОМ Гребнева Е.А. -----	130
ОБОСНОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ УСТРОЙСТВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ И СЕТЕЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ Третьяков И.А.-----	136
ВЛИЯНИЕ НАТЯГА НА ПЛОТНОСТЬ И ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ДОРНОВАНИИ ПОРОШКОВОЙ ПОРИСТОЙ ЗАГОТОВКИ Рябичева Л.А., Решетняк Д.В. -----	141
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МНОГОЭЛЕКТРОДНЫХ ПЕЧНЫХ УСТАНОВКАХ Кухарев А.Л. -----	146

НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОД В АБХАЗСКОМ СЕКТОРЕ ЧЕРНОГО МОРЯ Гицба Я.В.-----	151
ВОЗМОЖНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ СДВИГОВ И ПРОСЕДАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД НАД ОТРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ ШАХТ ГОРОДА ДОНЕЦКА Несова А.В., Шестакин Н.С., Хархордин Е.В.-----	155
АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ РАВНОМЕРНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ПОТОКА РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В ТЯЖЕЛОМ МАШИНОСТРОЕНИИ И МОБИЛЬНЫХ СЛОЖНОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ Горбунов Р.С., Цурцилина А.Ю., Деркачев И.С.-----	161
ФИЗИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РАЗРЯДА В ЖИДКОСТИ Сергиенко С.Н., Юрьев С.А., Малюта Е.Р.-----	165
О ВОЗМОЖНОСТИ НАБЛЮДЕНИЯ ЭФФЕКТА ШВИНГЕРА РОЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОН- ПОЗИТРОННЫХ ПАР С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ Никитин Е.В.-----	171
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛОВ Астафьев П.А.-----	174
ПЕРСПЕКТИВА ДАЛЬНЕЙШЕГО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ НАКАЧКИ В ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ЛАЗЕРАХ Мурга Е.В., Юрьев С.А., Малюта Е.Р.-----	180
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СТОЛБА СТАБИЛИЗИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ МЕТОДОМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА Калюжный Г.С., Корсунов К.А., Лыштван Е.Ю., Чаленко А.В.-----	184
ФОСФОРЕСЦЕНЦИЯ САПФИРА, ВОЗБУЖДАЕМАЯ СКОЛЬЗЯЩИМ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ РАЗРЯДОМ Громенко В.М., Харченко Е.И.-----	188
РАДИАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ГОРОДСКИХ ПАРКОВ ГОРОДА ЛУГАНСКА Воробьев С.Г., Чаленко А.В.-----	190
ОСОБЕННОСТИ ЛАТЕРАЛЬНОГО И РАДИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ ГОРНОЙ АДЫГЕИ Бураева Е.А., Ширяева А.А.-----	194
РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НА РЕКРЕАЦИОННЫХ, УРБАНИЗИРОВАННЫХ И ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ Ляхова Н.В., Швецова Д.А., Шадин А.Е., Бураева Е.А., Михайлова Т.А.-----	198
РАДИОНУКЛИДНЫЙ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВЫ АЭРОЗОЛЬНОЙ ПЫЛИ НА ТЕРРИТОРИИ РОСТОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ Михайлова Т.А., Машаров К.С., Бураева Е.А., Кашаева Е.А., Ширяева А.А.-----	202
МАГНИТНЫЕ ЖИДКОСТИ: СВОЙСТВА И ОСНОВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ Алиев И. М., Дудаева М.А., Сайд-Ахматова Ф.С., Хапаева М. С.-----	206
<b>СЕКЦИЯ 3.</b> <b>МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ</b>	
РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СТУДЕНТАМИ-ФИЗИКАМИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ Корсунов К.А., Харченко Е.И., Чаленко А.В.-----	217

УДК [371.134:53]:001.891

## ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ ФИЗИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМИ МЕТОДАМИ

Горбенко Е.Е., Грицких А.В.

## ORGANIZATION OF RESEARCH WORK OF FUTURE TEACHERS OF PHYSICS BY EXPERIMENTAL METHODS

Gorbenko E.E., Hrytskykh A.V.

*В работе рассматривается организация исследовательской деятельности студентов-физиков, раскрываются возможности повышения эффективности лабораторного эксперимента в организации исследовательской работы учащихся средних школ.*

**Ключевые слова:** творческие способности, исследовательская деятельность, физический эксперимент, самостоятельность.

Исследовательская работа студентов является основой научно-предметной и профессионально-педагогической подготовки будущего учителя. Освоение современными достижениями физики и педагогики должно происходить в процессе управляемой со стороны преподавателя самостоятельной работы студента. Методологической основой профессионально-педагогической подготовки студентов становится квазисамостоятельная поисковая деятельность студента и творческое общение с преподавателем, который выполняет функции научного консультанта (научного руководителя). Качественная подготовка студентов в условиях перманентного уменьшения количества аудиторных занятий возможна только при четко организованной и методически обеспеченной квазисамостоятельной работе каждого из студентов.

Квазисамостоятельная профессионально направленная исследовательская деятельность студентов характеризуется следующими особенностями:

*Цель:* самостановление, саморазвитие, самореализация и самореализация личности студента, как активного, инициативного субъекта;

*Отношение:* субъект-субъектные на основе духовного равенства при общении и распределения ответственностей;

*Процесс:* лично ориентированная профессионально-педагогическая подготовка с оптимальной степенью педагогической помощи;

*Результаты:* творческая направленность нравственной личности с необходимостью профессиональной самореализации в пользу государства, общества и собственного

удовлетворения духовных и материальных потребностей.

Творчество студентов должно проявляться в поисках исследования вариативных логических структур содержания учебного материала и интересных оригинальных средств его материализации, в конструировании теоретических моделей наиболее оптимального конкретного сочетания методов обучения, в изготовлении демонстрационного физического оборудования, исследовательских лабораторных работ и пр.

При этом надо иметь в виду одну достаточно особенность видения студентами научно-педагогических (дидактических, методических, технологических) проблем. Дело в том, что научные проблемы «просматриваются» через систему знаний и большого педагогического опыта, чего, безусловно, не хватает студентам [5].

В связи с этим «видение» студентами научно-педагогических проблем и тем должно происходить «глазами преподавателя» при условии отношений доверия и признания студентами научного авторитета преподавателя (как научного руководителя в исследовании).

Таким образом, творчество, творческая направленность личности является и предпосылкой, и результатом «тонких педагогических технологий», характерной чертой которых является единство логического и интуитивного в поисках и исследованиях.

Практика организации исследовательской деятельности студентов показала, что студенты одинаково успешно выполняют исследования, как теоретического характера, так и исследования, требующие проведения эксперимента (в том числе с изготовлением экспериментальной установки) [1-2,4].

Студенты 3 курса 2020-2021 года обучения в качестве темы исследования выбрали: «Моделирование и исследование двигателей внешнего сгорания». Данная тема имеет важное дидактическое значение, так как тема «Тепловые двигатели» рассматривается в 8 и 10 классах (на

разных уровнях). Вводится понятие КПД тепловой машины. Рассматриваются устройство двигателя внешнего сгорания (существует штатная демонстрационная установка паровой машины) и двигателя внутреннего сгорания на примере четырехтактного двигателя (в школьном оборудовании существует модель работы двигателя внутреннего сгорания с газораспределительным механизмом). Ознакомление с материалом темы происходит только на теоретическом уровне и не подразумевает выполнение лабораторных работ или демонстрации действующих моделей.

Студентами третьего курса специальности «Физика. Математика» (Лейбенко Д.С., Руденко А.А.) было выбрано направление исследований Роберта Стирлинга. В 1816 году уроженец Шотландии Роберт Стирлинг запатентовал тепловую машину, которую сегодня называют в честь своего создателя. Однако сама идея двигателей горячего воздуха была придумана вовсе не им. Но первый осознанный проект по созданию такого агрегата реализовал именно Стирлинг. Он усовершенствовал систему, добавив в неё очиститель, в технической литературе называвшийся теплообменником. Благодаря этому сильно возросла производительность мотора благодаря удержанию его в тепле. Эта модель для того времени была признана самой прочной, поскольку никогда не взрывалась. Он преобразует тепловую энергию, подводимую извне, в полезную механическую работу. Этот процесс происходит за счёт изменения температуры газа или жидкости, циркулирующих в замкнутом объёме. В нижней части агрегата рабочее вещество нагревается, увеличивается в объёме и выталкивает поршень вверх. Горячий воздух поступает в верхнюю часть мотора и охлаждается с помощью радиатора. Давление рабочего тела понижается, а поршень опускается для повторения всего цикла. Система полностью герметична, благодаря чему рабочее вещество не расходуется, а лишь перемещается внутри цикла. Кроме того, существуют моторы с открытым циклом, в которых регулирование потоком реализуется с помощью клапанов. Эти модели называют двигателем Эриксона. В целом принцип работы двигателя внешнего сгорания схож с ДВС. При низких температурах в нём происходит сжатие и наоборот. Нагрев же осуществляется по-разному. Тепло в двигателе внешнего сгорания подводится через стенку цилиндра извне. Стирлинг догадался применять периодическое изменение температуры с вытеснительным поршнем. Этот поршень перемещает газы с одной полости цилиндра в другую. При этом с одной стороны постоянно поддерживаются низкие температуры, а с другой — высокие. При перемещении поршня вверх газ перемещается из горячей в холодную полость. Система вытеснителя в двигателе соединена с рабочим поршнем, который сжимает газ в холоде и позволяет расширяться в тепле. Полезная работа

совершается как раз благодаря сжатию в более низких температурах. Непрерывность обеспечивается кривошипно-шатунным механизмом. Особых границ между стадиями цикла не наблюдается. Благодаря этому КПД двигателя Стирлинга не уменьшается.

Самые первые реализованные в металле образцы двигателя обладали низким КПД, поскольку варианты теплоносителя были неэффективны и ограничивали максимальную температуру нагрева, отсутствовали конструкционные материалы, устойчивые к высокому давлению. Во второй половине XX века двигатель с ромбическим приводом во время испытаний превысил показатель 35 % КПД на водном теплоносителе и с температурой 55 градусов по Цельсию. Совершенствование конструкции в некоторых экспериментальных образцах позволило достичь практически 39 % КПД. Почти все современные бензиновые двигатели, имеющие аналогичную мощность, обладают КПД 28 — 30 %. Турбированные дизели достигают около 35 %. Самые современные образцы двигателей Стирлинга, разработанные компанией Mechanical Technology Inc в США, показывают эффективность до 43 % [3].

Благодаря разнообразию конструкций и типов двигателей Стирлинга, мы можем выбрать наиболее практичную модель, применимую в домашних условиях. Рассмотрев вариации двигателей «Альфа», «Бета» и «Гамма» мы сделали следующие выводы:

У двигателя типа «Альфа» отношение мощности к объёму достаточно велико, но, к сожалению, высокая температура «горячего» поршня создаёт определённые технические проблемы. Бета-Стирлинг — цилиндр всего один, горячий с одного конца и холодный с другого. Внутри цилиндра движутся поршень (с которого снимается мощность) и «вытеснитель», изменяющий объём горячей полости. Газ перекачивается из холодной части цилиндра в горячую через регенератор. Данный тип сложен в построении и поэтому не подходит нам.

Гамма-Стирлинг двигатель. Есть поршень и «вытеснитель», но при этом два цилиндра — один холодный (там движется поршень, с которого снимается мощность), а второй горячий с одного конца и холодный с другого (там движется «вытеснитель»). Регенератор может быть внешним, в этом случае он соединяет горячую часть второго цилиндра с холодной и одновременно с первым (холодным) цилиндром. Нет необходимости в регенераторе так как регенератор является частью вытеснителя.

Студентами были смоделированы и путем печати на 3D принтере получены детали двигателя. После сборки и испытаний работы двигателя приступили к снятию энергетических характеристик полученной модели — студентами была исследована

мощность двигателя в зависимости от различных охладителей.

Заинтересованность и настойчивость студентов в проведенных исследованиях (теоретических и экспериментальных) привели к продолжению исследования – необходимости создания двигателя, который можно было бы предложить обучающимся для исследования (в соответствии с требованиями техники безопасности). Это позволит ввести в школьный лабораторный практикум лабораторную работу по исследованию различных энергетических характеристик двигателя Стирлинга в зависимости от различных параметров. Таким образом, теоретическая и экспериментальная деятельность студентов может быть организована таким образом, что она будет пусковым механизмом для их будущей педагогической деятельности в школе.

#### Литература

1. Безверхний А.Л. Развитие творческой деятельности учащихся средствами лабораторного эксперимента. – Международная научно-практическая конференция «Открытые физические чтения – 2017». Вестник ЛНУ имени Владимира Даля. № 2, часть 1. – Луганск. 2017. - С. 266-269.
2. Уокер Г. Двигатели Стирлинга // Сокращенный перевод с англ. Сутугина - М.: Машиностроение, 2011. - 408 с.
3. Грицких А.В. Система организации исследовательской работы учеников профильных классов посредством электронных и натуральных физических лабораторных практикумов // Электронные ресурсы в непрерывном образовании: труды VI Международного научно-методического симпозиума «ЭРНО-2017» (Адлер). – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2017. - С.16-19
4. Дик Ю.И., Кабардин О.Ф., Орлов В.А. и др. Физический практикум для классов с углублённым изучением физики.- М., 1993. –122 с.
5. Грицких А.В., Проказа А.Т. Науково-педагогічні дослідження студентів з дидактики та методики фізики – один із ефективних засобів управління якістю підготовки майбутнього вчителя // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Серія педагогічна / Кам'янець-Подільський: КПДУ імені Івана Огієнка, 2009. – Вип. 15: Управління якістю підготовки майбутніх учителів фізики та трудового навчання. - С. 277-279.

#### References

1. Bezverkhniy A.L. Razvitiye tvorcheskoy deyatel'nosti uchashchikhsya sredstvami laboratornogo e'ksperimenta. – Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Otkry'ty'efizicheskiechteniya – 2017». Vestnik LNU imeni Vladimira Dalya. № 2, chast' 1. – Lugansk. 2017. - S. 266-269.
2. Uoker G. Dvigateli Stirlinga // Sokrashhenny'j perevod s angl. Sutugina - M.: Mashinostroenie, 2011. - 408 s.
3. Griczkikh A.V. Sistema organizaczii issledovatel'skoj raboty' uchenikov profil'ny'kh klassov

posredstvom e'lektronny'kh i naturny'kh fizicheskikh laboratorny'kh praktikumov // E'lektronny'e resursy' v neprery'vnom obrazovanii: trudy' VI Mezhdunarodnogo nauchno-metodicheskogo simpoziuma «E'RNO-2017» (Adler). – Rostov-na-Donu: Izdatel'stvo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2017. - S.16-19.

4. Dik Yu.I., Kabardin O.F., Orlov V.A. i dr. Fizicheskij praktikum dlya klassov s uglublyonny'm izucheniem fiziki.- M., 1993. – 122 s.

5. Griczkikh A.V., Prokaza A.T. Naukovo-pedagogi'chni' dosli'dzhennya studentiv z didaktiki ta metodiki fi'ziki – odin iz effektivnih zasobi'v upravli'nnya yakii'styu pi'dgotovki majbutn'ogo vchitelya // Zbi'rnik naukovih pracz' Kam'yanecz'-Podi'l's'kogo naczi'onal'nogo uni'versitetu. Seri'ya pedagogi'chna / Kam'yanecz'-Podi'l's'kij: KPDU i'meni I'vana Ogi'yenka, 2009. – Vip. 15: Upravli'nnya yakii'styu pi'dgotovki majbutni'kh uchiteli'v fi'ziki ta trudovogo navchannya. - S.277-279.

**Gorbenkole.Ie., Hrytskykh A.V.**

#### ORGANIZATION OF RESEARCH WORK OF FUTURE TEACHERS OF PHYSICS BY EXPERIMENTAL METHODS

*The paper discusses the organization of research activities of physics students, reveals the possibilities of increasing the effectiveness of laboratory experiments in organizing the research work of pupils at school in classes with in-depth study of physics.*

**Key words:** *creativity, research activity, physical experiment, independence.*

**Горбенко Евгений Евгеньевич**, кандидат физико-математических наук, доцент, директор Института физико-математического образования, информационных и обслуживающих технологий Луганского государственного педагогического университета.

**E-mail:** e\_g81@mail.ru

**Gorbenko Ievgen**, PhD in Physics and Mathematics, Docent, Director of the Institute of Physics and Mathematics Education, Information and Service Technologies of Lugansk State Pedagogical University.

**Грицких Алексей Владимирович**, старший преподаватель кафедры физики и методики преподавания физики Луганского государственного педагогического университета

**E-mail:** aleksiig@gmail.com

**Hrytskykh Oleksii**, Senior Lecturer of the Department of Physics and Methods of Teaching Physics, Lugansk State Pedagogical University.

**Рецензент: Рябичев Виктор Дронович**, д.т.н., проф. ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

*Статья подана 19.04.2021 года*