

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В. И. ВЕРНАДСКОГО»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ

V научно-практической конференции
профессорско-преподавательского состава,
аспирантов, студентов и молодых ученых

«ДНИ НАУКИ КФУ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

(наименование структурного подразделения/филиала)

г. Симферополь 2019 год

V научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» / Сборник тезисов участников/Физико-технический институт // Симферополь, 2019

В сборник включены доклады участников V научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского», отражающие достижения научных и практических изысканий в сфере естественных, гуманитарных, технических наук и информационных технологий.

Работы публикуются в редакции авторов. Ответственность за достоверность фактов, цитат, собственных имен и других сведений несут авторы.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
ТРЕХМЕРНОГО СТАЦИОНАРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ МАГНИТНЫХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ ДВОЙНОГО СЛОЯ

Шуйский А.А.¹

¹ студент кафедры экспериментальной физики Физико-технического института КФУ
научный руководитель: к. т. н., доцент Филиппов Д.М.
a.a.shuiskii@gmail.com

Введение. Метод вторичных источников имеет преимущества перед другими методами моделирования электродинамических задач (например, перед методом конечных элементов), что обусловлено отсутствием необходимости дискретизации воздушных зазоров и окружающего электромагнитную систему пространства. Для моделирования электротехнических устройств, содержащих ферромагнитные тела, нужно отдавать предпочтение скалярным вторичным источникам, а не векторным, так как это существенно снижает объём вычислений. Среди скалярных источников значительными преимуществами обладает двойной слой фиктивных магнитных зарядов. Плотность двойного слоя является функцией, не содержащей точек разрыва второго рода, что существенно снижает количество разбиений, необходимых для осуществления сходимости решения. Кроме того, интегральное уравнение относительно плотности двойного слоя, полученное из закона полного тока, записанного в интегральной форме, имеет преимущества перед классическим уравнением двойного слоя, так как не содержит скалярного магнитного потенциала свободных источников. Вышеописанная математическая модель была реализована для плоского случая, как показано в работе И.П. Стадника, Д.М. Филиппова «Повышение точности расчёта плоскопараллельного магнитного поля в кусочно-однородных средах методом двойного слоя». Для широкого класса задач, например, моделирования электрических машин осевого потока, необходима трёхмерная модель.

Цель работы – разработка математической модели трёхмерного магнитного поля в электромагнитных системах на основе концепции двойного слоя магнитных зарядов.

Задачи исследований: вывести интегральное уравнение относительно двойного слоя магнитных зарядов, разработать численную модель для решения полученного уравнения, разработать и осуществить программную реализацию численной модели.

Методика исследований. Для решения поставленных задач применялась теория интегральных уравнений, методы математической физики, алгоритмы вычислительной геометрии, численные методы линейной алгебры.

Для осуществления моделирования, на поверхность S магнитного тела наносится дискретная сетка, состоящая из N_s треугольников. В настоящей работе получено интегральное уравнение относительно плотности двойного слоя и сведено к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) следующего вида:

$$v_i - v_k - \frac{\mu - \mu_0}{2\pi(\mu + \mu_0)} \left\{ \sum_{\substack{m=1 \\ m \neq k}}^{N_s} v_m \int_{\Delta_k'} \int_{\Delta_{S_m}} \frac{3(\vec{r}_{PQ} \cdot \vec{n}_P) \vec{r}_{PQ} - r_{PQ}^2 \vec{n}_P}{r_{PQ}^5} dS_P d\vec{l}_Q + \right. \\ \left. + \sum_{\substack{m=1 \\ m \neq i}}^{N_s} v_m \int_{\Delta_k''} \int_{\Delta_{S_m}} \frac{3(\vec{r}_{PQ} \cdot \vec{n}_P) \vec{r}_{PQ} - r_{PQ}^2 \vec{n}_P}{r_{PQ}^5} dS_P d\vec{l}_Q \right\} = 2 \frac{\mu - \mu_0}{\mu + \mu_0} \int_{\Delta_k' + \Delta_k''} \vec{B}_0 d\vec{l}_Q ; \\ i = i^{12}, i^{23}, i^{31}; k = 1, 2, \dots, N_s . \quad (1)$$

где μ – магнитная проницаемость, μ_0 – магнитная постоянная, ν_m – плотность двойного слоя фиктивных магнитных зарядов, \vec{B}_0 – магнитная индукция внешних источников, \vec{r}_{PQ} – радиус-вектор, направленный из точки P в точку Q , ΔS_m – поверхность треугольника с номером m , Δl_k^I – отрезок, направленный из центра k -того треугольника к центру одной из сторон данного треугольника, Δl_k^{II} – отрезок, направленный из центра данной стороны k -того треугольника к центру i -того треугольника, \vec{n}_p – нормаль в точке P поверхности.

Для каждого k индекс i принимает три значения i^{12}, i^{23}, i^{31} , соответствующие соседним треугольникам относительно k -того. Полученная прямоугольная СЛАУ (1) сводится к квадратной путём сложения уравнений, соответствующих одинаковым k . Возможность этого обосновывается линейностью закона полного тока и тем, что закон полного тока выполняется лишь при единственно верном распределении величины ν . Полученная СЛАУ решается методом LU-факторизации. В результате нахождения распределения ν , магнитное поле двойного слоя рассчитывается интегрированием по поверхности с нанесённым на неё двойным слоем.

Результаты исследований. Приведём результаты моделирования электрической машины осевого потока с бескаркасной обмоткой, имеющей следующие основные характеристики: номинальная мощность 1 кВт, число пар полюсов 8, намагниченность постоянных магнитов $J = 1,14 / \mu_0$ (А/м), толщина постоянных магнитов 10 мм, диаметр машины 322 мм, осевая длина машины 50 мм.

На следующем графике показано сравнение рассчитанного и экспериментально измеренного распределения магнитного поля в зазоре электрической машины. Отрезок, на котором исследовалось поле, расположен в центре зазора, направлен вдоль центральной линии одного из магнитов (в радиальном направлении).

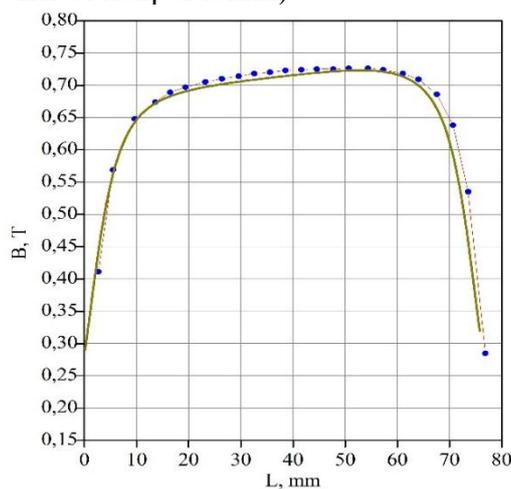


Рис. 1 Индукция магнитного поля в зазоре электрической машины: сплошная зелёная линия – результат моделирования, синяя точечная линия – результат эксперимента.

Полученный график (рисунок 1) показывает существенную степень согласия экспериментальных данных и теоретических, что говорит о надёжности разработанной математической модели.

Выводы. Разработана и реализована математическая модель трёхмерного магнитного поля на основе концепции двойного слоя фиктивных магнитных зарядов. Данная модель ориентирована на задачи проектирования и оптимизации электромагнитных систем в электротехнических устройствах. Данная модель апробирована путём сравнения результатов моделирования с экспериментом при рассмотрении электрической машины осевого потока с бескаркасной обмоткой.

РАСЧЕТ ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТОДОМ ТОКОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Пономаренко В.И.¹, Лагунов И.М.²

¹ профессор кафедры экспериментальной физики Физико-технического института КФУ,
² старший преподаватель кафедры экспериментальной физики Физико-технического
института КФУ
vponom@gmail.com

Введение. Частотно-селективные поверхности (ЧСП) на основе периодических решеток идеально проводящих элементов применяются в антенных и измерительных устройствах, в качестве интерферометров, преобразователей поляризации и в других целях. Проектирование таких устройств требует исследования их свойств рассеяния на основе решения соответствующей дифракционной задачи на периодической структуре. Для ленточных решеток классическим является метод задачи Римана-Гильберта, развитый в работе В.П. Шестопалова, Л.Н. Литвиненко, С.А. Масалова, В.Г. Сологуба «Дифракция волн на решетках». Однако неизвестно применение метода при наличии в решетках разделительных диэлектрических слоев. Для анализа трехмерных решеток метод неприменим в принципе. В случае трехмерных структур, включающих диэлектрические слои, применяют метод интегральных уравнений относительно компонент поля или токов. Последний сложен в реализации при наличии в структуре нескольких решеток с разными параметрами и слоев диэлектрика, а также ввиду необходимости учета условий на ребрах проводящих элементов. В связи с изложенным, разработка новых подходов к расчету ЧСП является актуальной задачей.

Цель работы состоит в исследовании применимости к расчету ЧСП предложенного авторами метода токовых элементов (МТЭ), ранее примененного для расчета трехмерных радиопоглощающих решеточных структур на основе резистивных элементов в опубликованных авторами научных работах, относящихся к решеткам из проводов, диполей и квадратов (например, V.I. Ponomarenko, I.M. Lagunov «A Radar Absorbing Structure on the Basis of Conducting Grids»). Метод основан на решении задачи возбуждения соответствующего периодической структуре виртуального волновода - канала Флоке - токами малых элементов, на которые разбиваются большие элементы, составляющие решетку, сведении задачи рассеяния к решению системы линейных алгебраических уравнений относительно токов и последующем вычислении амплитуд рассеянного поля.

Результаты исследований. На рис. 1. а) изображена полученная МТЭ расчетная зависимость модуля амплитуды основной моды отраженного поля от параметра $\kappa = P/\lambda$, где P – период, λ – длина волны, для двухслойной решетки из лент с шириной равной 0.5 периода. Решетка находится в свободном пространстве, расстояние между плоскими решетками равно 0.5 периода. Н-поляризованная электромагнитная волна типа ТЕМ падает на структуру нормально. Аналогичный расчет для такой же решетки, проведенный методом задачи Римана-Гильберта, представлен в работе В.П. Шестопалова и др. (стр. 56, рис. 18, кривая 1). Результаты расчета совпадают с полученными МТЭ в той степени, с какой можно судить из сравнения двух графиков. На рис. 1. б) приведен аналогичный расчет для двухслойной решетки с теми же параметрами, но с заполнением пространства между двумя плоскими решетками слоем диэлектрика с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$. Отметим, что возможность расчета такой решетки методом задачи Римана-Гильберта не обоснована.

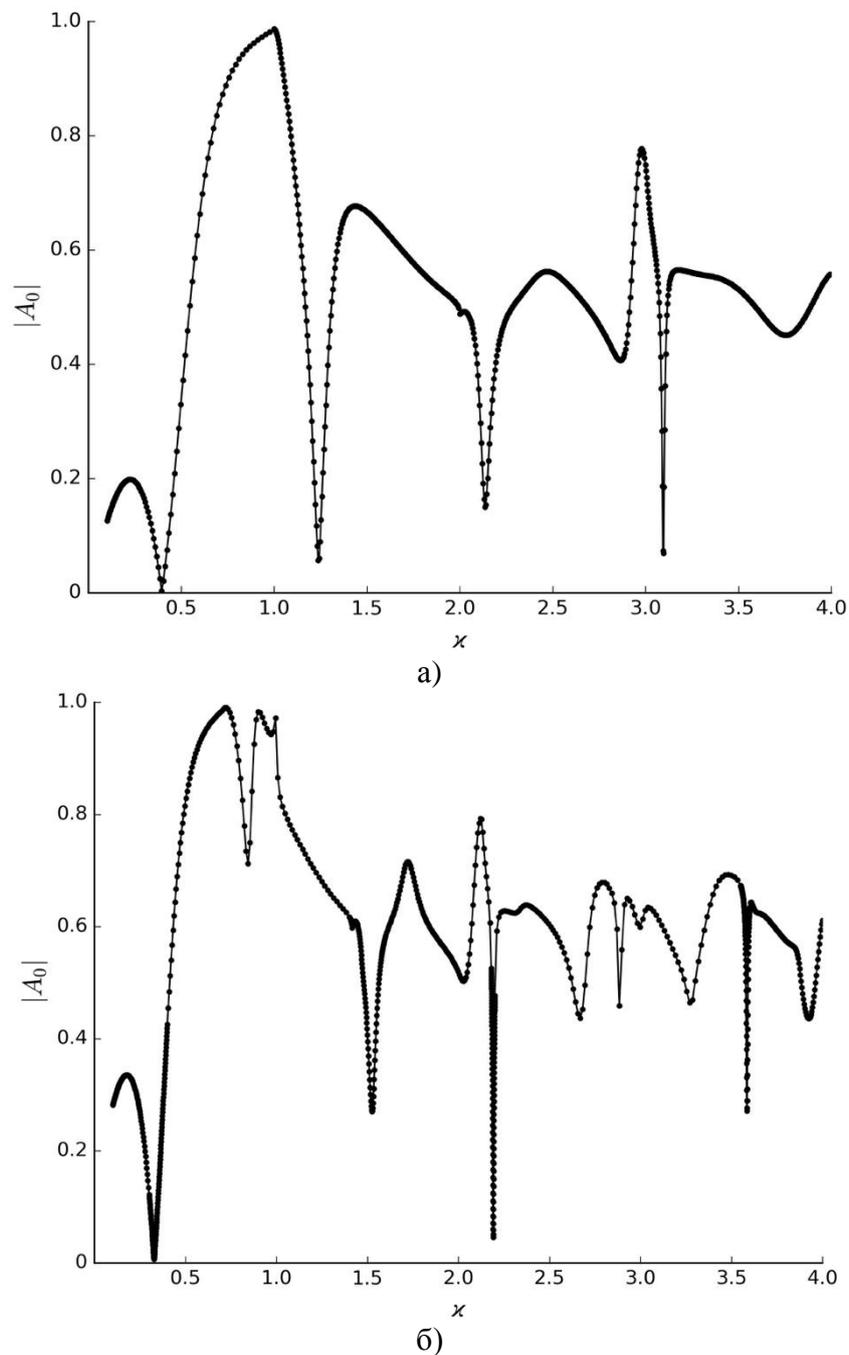


Рис. 1. Зависимость модуля амплитуды основной моды $|A_0|$ отраженного поля от нормированной обратной длины волны для двухслойной решетки: а) – между плоскими решетками свободное пространство; б) – между плоскими решетками слой диэлектрика.

Выводы. В данной работе показано, что метод токовых элементов, применявшийся ранее для расчета радиопоглощения в резистивных периодических структурах, применим и к анализу частотно-селективных поверхностей на основе идеально проводящих решеток. Достоинством метода является простота учета диэлектрических слоев между решетками, а также универсальность, заключающаяся в том, что одну и ту же компьютерную программу можно применять с минимальными изменениями для расчета частотно-селективных поверхностей с различной формой элементов и любым числом решеток, имеющих отличные одна от другой параметры.

ЭФФЕКТИВНАЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ ПЛОСКОЙ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ НА ОСНОВЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Пономаренко В.И.¹, Лагунов И.М.²

¹ профессор кафедры экспериментальной физики Физико-технического института КФУ,

² старший преподаватель кафедры экспериментальной физики Физико-технического института КФУ

¹ vponom@gmail.com

Введение. Дифракционные решетки применяются в технике сверхвысоких частот в качестве частотно-селективных поверхностей для создания фильтров частот, поляризаторов, фазовращателей и в других целях. В случае ленточных решеток, не содержащих диэлектрических слоев, точный расчетный анализ рассеяния электромагнитной волны на таких решетках может быть проведен методом задачи Римана-Гильберта. Для точного расчета рассеивающих характеристик трехмерных структур обычно применяется метод интегральных уравнений. Однако в ряде случаев существует потребность в предварительной оценке коэффициентов отражения и прохождения простым в программной реализации приближенным методом, который позволил бы оценить расположение и ширину полос отражения и пропускания, а также другие необходимые характеристики.

Целью работы является расчет эффективной диэлектрической проницаемости предельно тонкой дифракционной решетки на основе прямоугольных элементов в области длин волн, достаточно больших по сравнению с периодом структуры.

Результаты исследований. В работе В.И. Пономаренко «Проводящая ленточная решетка в квазистатическом поле» получено решение задачи об эффективном поверхностном сопротивлении $\tilde{\rho}_{\text{эф}}$ плоской решетки из лент с поверхностным сопротивлением ρ , отличным от нуля, помещенной в переменное электрическое поле, поперечное по отношению к лентам. Полученное решение не позволяет непосредственно проводить расчет идеальной решетки с $\rho = 0$. В связи с этим, уравнения и формулы указанной работы были преобразованы так, чтобы путем предельного перехода $\rho \rightarrow 0$ можно было вычислить $\tilde{\rho}_{\text{эф}}$ идеальной ленточной решетки, которое равно:

$$\tilde{\rho}_{\text{эф}} = \frac{i \pi \lambda W_0}{8 b_y k \tilde{\epsilon} C},$$
$$k = \sin(\pi s / 2 b_y),$$
$$C = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\sin t \arcsin(k \sin t)}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 t}} dt,$$

где i – мнимая единица, λ – длина волны, $W_0 = 377$ Ом – волновое сопротивление вакуума, $\tilde{\epsilon}$ – относительная диэлектрическая проницаемость среды, усредненная по значениям по обе стороны решетки, b_y – период решетки, s – ширина лент.

В случае решетки из прямоугольных элементов с размерами b_x , b_y , используя формулу теории цепей $\rho_{\text{эф}} = (b_x / s) \tilde{\rho}_{\text{эф}}$, получим эффективное поверхностное сопротивление:

$$\rho_{\text{эф}} = \frac{i \pi \lambda W_0 b_x}{8 k \tilde{\epsilon} C s b_y}. \quad (1)$$

Сопоставляя решетке слой диэлектрика предельно малой толщины $\tau \ll s$ из соотношения

$$\varepsilon_{\text{эф}} = i / (\omega \tau \varepsilon_0 \rho_{\text{эф}}),$$

где ε_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, ω – циклическая частота, получим эффективную диэлектрическую проницаемость решетки из прямоугольных элементов:

$$\varepsilon_{\text{эф}} = \frac{4k \tilde{\varepsilon} C s b_y}{\pi^2 b_x \tau}.$$

При вещественном $\tilde{\varepsilon}$, не зависящем от частоты, $\varepsilon_{\text{эф}}$, как и следовало ожидать, оказывается недиспергирующей. На рис. 1 а) приведены зависимости от отнесенной к периоду длины волны коэффициента отражения от двуслойной решетки с диэлектрическим слоем, имеющим проницаемость $\varepsilon = 2$, с применением формулы (1) и путем решения задачи дифракции методом токовых элементов. Ширина лент равна 0.8 периода, расстояние между плоскими решетками равно 0.5 периода. На рис. 1 б) такие же зависимости приведены для двуслойной решетки из квадратных элементов. Размер квадратов равен 0.9 периода, расстояние между решетками равно 0.5 периода. Как видно из сравнения, точные и приближенные расчеты дают близкие результаты. Отметим, что в отличие от решетки из лент, решетка из квадратов является поляризационно независимой при нормальном падении волны.

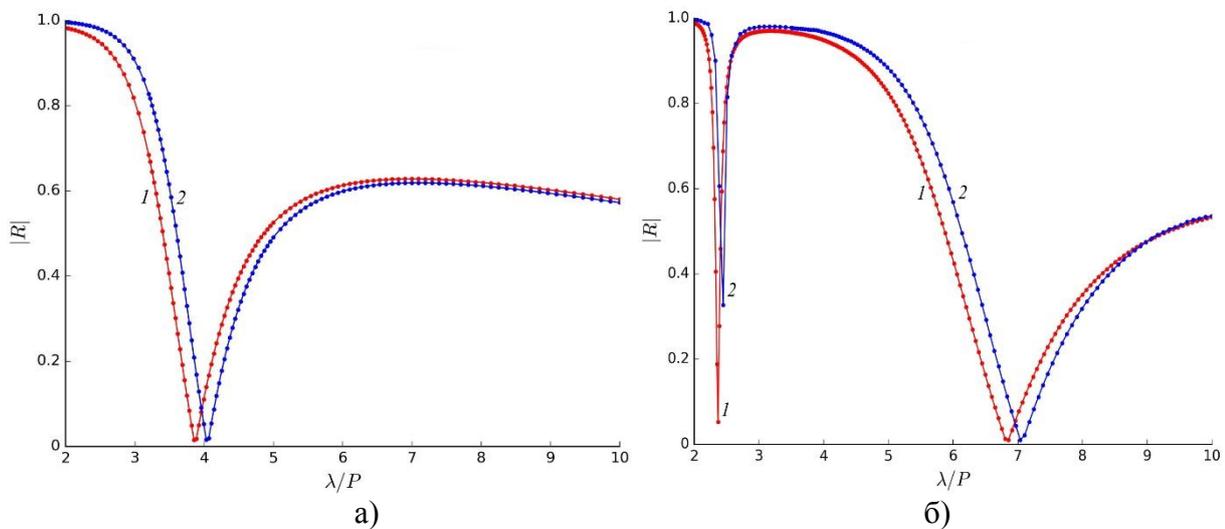


Рис. 1. Зависимости коэффициента отражения от отношения длины волны к периоду структуры:

- а) для ленточной решетки, б) для решетки из квадратов;
1 - расчет по эффективной проницаемости, 2 - дифракционный расчет.

Выводы. Полученная формула для эффективной диэлектрической проницаемости плоской решетки из прямоугольных элементов применима к приближенному расчету отражения плоской электромагнитной волны от многослойных решеток из прямоугольных элементов на длинах волн в 2 и более раз превышающих период структуры. Это позволяет приближенно рассчитывать с применением этой формулы отражение от многослойных решеток, в том числе с диэлектрическими слоями между ними, используя, например, известные формулы для расчета коэффициентов отражения и прохождения плоскостной структуры методом матриц.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИОПОГЛОЩАЮЩИХ СВОЙСТВ МЕЗО- И НАНОСТРУКТУРНЫХ КОМПОЗИТОВ ВОЛНОВОДНЫМ МЕТОДОМ

Сыров А.А.¹, Попов В.В.², Томилин С.В.³

¹студент 4 курса кафедры экспериментальной физики

Физико-технического института КФУ им. В.И. Вернадского

²кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры экспериментальной физики

Физико-технического института КФУ им. В.И. Вернадского

³канд. физ.-мат. наук, старший преподаватель кафедры экспериментальной физики

Физико-технического института КФУ им. В.И. Вернадского

anatoly199824@rambler.ru

Введение. Постоянное развитие устройств СВЧ-радиоэлектроники и увеличение их мощности приводит к необходимости разработки новых материалов, использующихся для уменьшения помех и обеспечения безопасности. Особое место при этом занимают материалы, эффективно поглощающие СВЧ-излучение. Радиопоглощающие материалы СВЧ-диапазона крайне необходимы в радиолокации и технике специального назначения.

Большой интерес для создания эффективных защитных систем от электромагнитного СВЧ-излучения представляют наноконпозиты на основе углеродных нанотрубок и микропроводов, благодаря их низкой удельной массе и уникальным физическим свойствам.

Особенностями свойств углеродных нанотрубок и микропроводов являются высокие значениями их удельной поверхностной проводимости и соотношение размерных параметров (длины и диаметра), кроме того они анизотропны. Разнообразие структур этих материалов проявляется как в продольном, так и в поперечном направлении. Поэтому, исследования в СВЧ диапазоне новых защитных покрытий с добавлением углеродных нанотрубок имеют большое практическое значение.

Статья содержит результаты исследования радиопоглощающих свойств мезо- и наноструктурных композитов волновым методом.

Цель работы: исследовать радиопоглощающие свойства мезо- и наноструктурных композитов волноводным методом.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

1. Исследовать структурные свойства углеродных нанотрубок и микропроводов;
2. Исследовать оптические и магнитные свойства углеродных нанотрубок и микропроводов;
3. Синтезировать образцы композитов на основе углеродных нанотрубок и микропроводов;
4. Исследовать влияние концентрации углеродных нанотрубок и микропроводов на диэлектрические свойства наноконпозитов;
5. Исследовать радиопоглощающие свойства композитов на основе углеродных нанотрубок и микропроводов.
6. Выполнить анализ полученных результатов.

Результаты исследований. Для проведения исследований радиопоглощающих свойств композитов с помощью волноводной системы была изготовлена серия образцов прямоугольной и цилиндрической формы разного диаметра с различным наполнением силиконовой матрицы.

В качестве матрицы для композита был выбран силикон универсальный. Углеродные нанотрубки диспергировались на протяжении определенного времени в концентрированной уксусной кислоте. После завершения процесса диспергации смесь углеродных нанотрубок и уксусной кислоты, которая является растворителем силикона, добавлялась в силикон и

тщательно перемешивалась до полного испарения избыточной уксусной кислоты и получения однородной массы. Такой процесс осуществлялся для всех массовых концентраций углеродных нанотрубок и микропроводов. Подготовленные композиты размещались в мастер-формы, изготовленные на 3D-принтер (рис. 1).

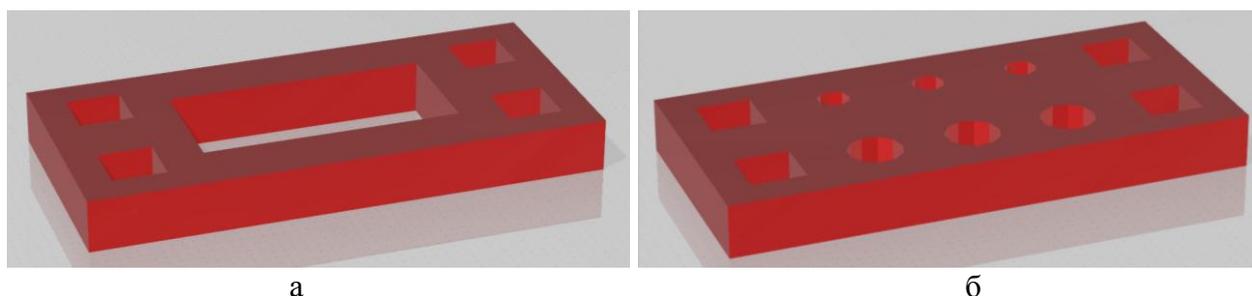


Рис. 1 – Мастер-формы для заливки нанокompозитов различной конфигурации:
а) прямоугольной, б) цилиндрической

Волноводные методы основаны на расчете величины постоянной распространения по измеренным величинам коэффициента отражения или прохождения электромагнитной волны и определение электрофизических параметров исследуемой структуры из соотношений, связывающих постоянную распространения с электрофизическими параметрами. Способ расположения образца в волноводной системе, его размер и форма поперечного сечения существенно влияют на характер этих соотношений.

В работе использовался один из волноводных методов измерения параметров, заключающийся в том, что образцы в виде пластинок или стержня круглого сечения помещались в центре волновода.

Исследования проводились в частотном диапазоне от 8 до 12 ГГц с образцами, имевшими форму пластины (23x10x5 мм) и цилиндра диаметром 3 или 5 мм. Коэффициент отражения по напряжению от образца, помещённого в волноводную систему, измеряли при помощи векторного анализатора цепей R&S ZNB 20. Обработка и запись данных осуществлялось при помощи программы LabView.

В ходе выполнения работы изучалось влияние исходных и модифицированных углеродных нанотрубок и микропроводов на термостабильность, температуру стеклования и механизмы разрушения эпоксидных композитов. Установлено, что применение углеродных нанотрубок и микропроводов способствует значительному возрастанию прочности композиционных материалов на разрыв и изгиб по сравнению с матрицами без наполнения углеродными нанотрубками и микропроводами.

Эксперименты показывают, что функционализированные углеродные нанотрубки оказываются значительно перспективными для придания полимерным матрицам и композиционным материалам высокого уровня конструкционных и функциональных свойств.

Использование углеродных нанотрубок при их оптимальном распределении в полимерной матрице позволяет: в значительной степени увеличить прочность эпоксидных связующих; повысить стойкость к образованию трещин; повысить прочность стабильности межслоевого сдвига; расширить рабочую температуру; ослабить электромагнитное излучение.

Разработка нового класса нанокompозитов в результате добавления углеродных нанотрубок и микропроводов в полимеры позволяет привести к созданию нового класса материалов, сочетающих в себе легкость и гибкость полимеров с высокой прочностью, электропроводностью и теплопроводностью углеродных нанотрубок.

Выводы. В данной работе проведен комплекс экспериментов по исследованию радиопоглощающих свойств мезо- и наноструктурных композитов волноводным методом. Изучены основные факторы, влияющие на использование углеродных нанотрубок и микропроводов в виде наполнителя композиционных материалов.

Исследование радиопоглощающих свойств с помощью волноводной системы показало, что нанокompозитные материалы имеет несколько спектральных областей поглощения. На одной из них наблюдается локальный минимум, обусловленный резонансным поглощением в нанотрубках и микропроводах.

Работа выполнена в рамках гранта № ВГ22/2018, поддержанного ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

СЕНСОРНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАЗМОННОГО РЕЗОНАНСА

Томилин С.В.¹, Бержанский В.Н.², Томилина О.А.², Каравайников А.В.¹
¹НИИЦ ФМиНТ Физико-технического института КФУ им. В.И. Вернадского
²кафедра экспериментальной физики Физико-технического института
КФУ им. В.И. Вернадского
s.tomilin.phystech@cfuv.ru

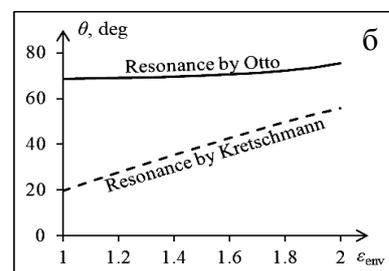
Введение. Создание высокоэффективных сенсоров для детектирования химических и биологических реакций, мониторинга окружающей среды, экспресс-анализа наличия примесей и загрязнителей в жидких и газообразных растворах является важной научно-технической задачей. Подобные сенсоры могут быть реализованы на основе явления плазмонного резонанса в тонких плёнках и наночастицах. Подробное изучение влияния окружающей диэлектрической среды на изменение плазмонного резонанса является важной основой для проектирования таких сенсоров и прогнозирования их рабочих параметров.

Целью работы является моделирование и синтез плазмонных структур на основе тонких плёнок и самоорганизующихся наночастиц Au, а также исследование их структурных, оптических и плазмонных свойств применительно к задачам сенсорики.

Металлические покрытия Au на подложке из гадолиний-галлиевого граната (GGG) были синтезированы методом термического напыления в вакууме (давление остаточных газов не более $6 \cdot 10^{-4}$ Па). При напылении металлических плёнок и диэлектрических слоёв применялась авторская методика синтеза покрытий с градиентом эффективной толщины. Для формирования самоорганизующихся наночастиц Au применялась термоактивированная грануляция (отжиг на воздухе сверхтонкой плёнки Au при 950°C в течение 10 мин).

Модельное исследование свойств поверхностного плазмонного резонанса выполнялось с помощью программного пакета WinSpall, экспериментальное исследование поверхностного плазмонного резонанса осуществлялось с помощью лазерного рефлектометра на базе эллипсометра ЛЭФ-3М-1. Исследование спектральной зависимости коэффициента пропускания образцов и свойств локализованного плазмонного резонанса выполнялось на автоматизированном спектрофотометре КФК-3.

Результаты исследований. На рис. 1 показаны результаты модельного анализа влияния диэлектрической проницаемости внешней среды ϵ_{env} (указана в легенде) на резонансные свойства плазмонного сенсора $\text{GGG}_{\text{prism}}/\text{SiO}_2(220)/\text{Au}(50)$.



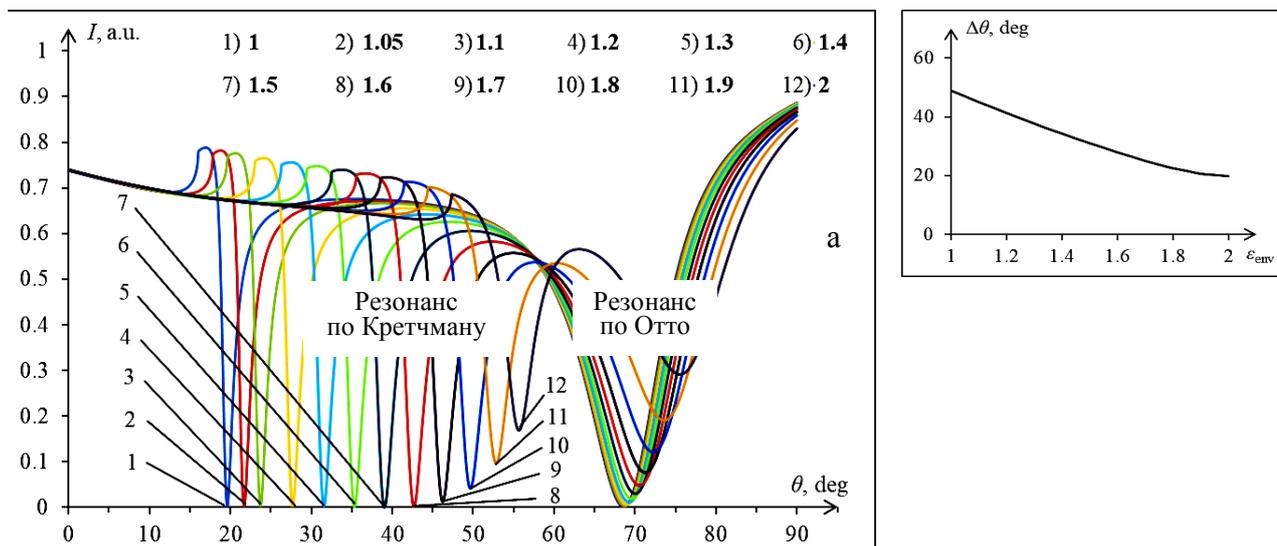


Рис. 1 – Влияние ϵ_{env} (указана в легенде) на резонансные свойства плазмонного сенсора $GGG_{prism}/SiO_2(220)/Au(50)$: а – резонансные кривые; б – смещение резонансных пиков; в – изменение расстояния между резонансными пиками.

Как видно на рис. 1 резонанс, возбуждаемый по схеме Отто слабо меняет своё положение при изменении ϵ_{env} , Резонанс по схеме Кретчмана, напротив, существенно смещается при изменении ϵ_{env} (изменение ϵ_{env} на 0.05 приводит к смещению резонансного пика на 2 градуса), при этом зависимость резонансного угла от ϵ_{env} близка к линейной.

На рис. 2 показаны результаты экспериментального исследования резонансных свойств плазмонных сенсоров $GGG_{prism}/SiO_2(20)/Au(50)$ и $GGG_{prism}/SiO_2(220)/Au(50)$ с различной толщиной буферного слоя SiO_2 (20 нм и 220 нм, соответственно).

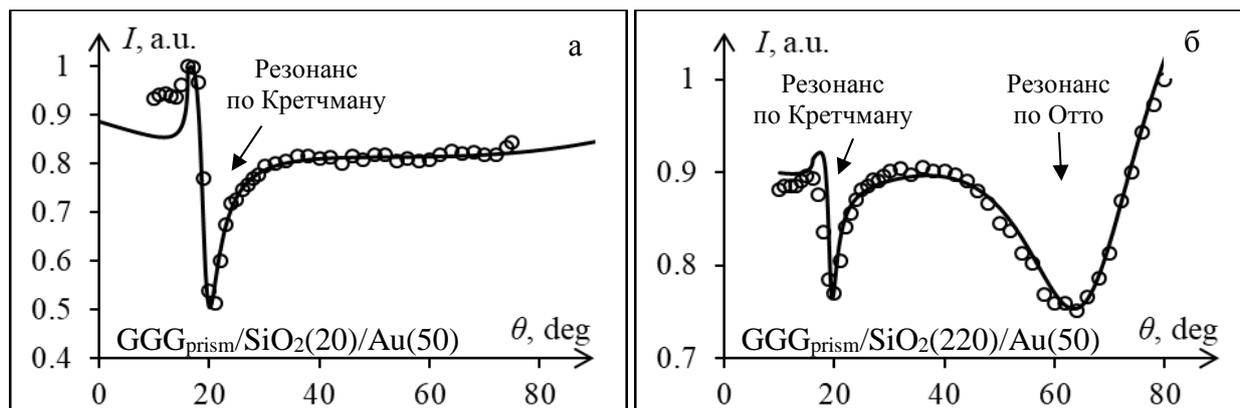


Рис. 2 – Экспериментальные резонансные кривые плазмонных сенсоров: а – $GGG_{prism}/SiO_2(20)/Au(50)$; б – $GGG_{prism}/SiO_2(220)/Au(50)$

На рис. 2 видно, что при малой толщине буфера SiO_2 (20 нм) реализуется однорезонансная схема сенсора (наблюдается только резонанс по Кретчману), а при толщине буфера 220 нм реализуется двухрезонансная схема, т.е. наблюдаются два типа плазмонного резонанса (по Кретчману и по Отто).

На рис. 3 показаны результаты исследования влияния диэлектрической проницаемости окружающей среды (показателя преломления n_{env}) на спектральное положение локализованного плазмонного резонанса в самоорганизующихся наночастицах золота на подложке из гадолиний-галлиевого граната $GGG/Au_{(NP)}$. Видно, что зависимость резонансной длины волны от n_{env} имеет линейный вид.

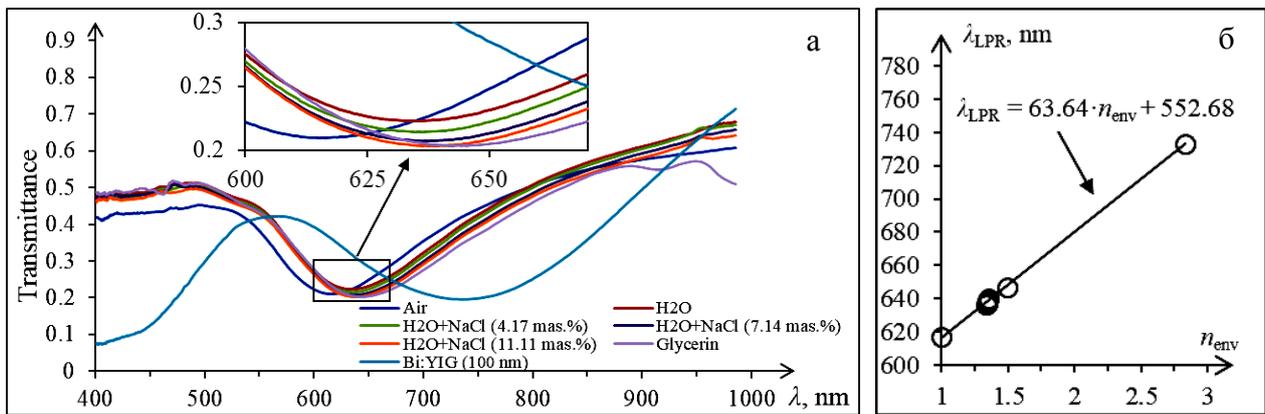


Рис. 3 – Влияние окружающей среды на свойства локализованного плазмонного резонанса: а – спектры пропускания системы GGG/Au_(NP), б – зависимость резонансной длины волны от коэффициента преломления среды.

Выводы. Диэлектрическое окружение плазмонной системы существенно влияет на положение как поверхностного, так и локализованного плазмонного резонанса, что делает их чрезвычайно перспективными для использования в сенсорике.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках базовой части государственного задания (Проект № 3.7126.2017/8.9), а также частично в рамках поддержанного ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» гранта № ВГ22/2018.

ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ НАНОЧАСТИЦ Au, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ТЕРМОАКТИВИРОВАННОЙ ГРАНУЛЯЦИИ

Томилина О.А.¹, Бержанский В.Н.¹, Томилин С.В.², Михайлова Т.В.², Милюкова Е.Т.²

¹кафедра экспериментальной физики Физико-технического института
КФУ им. В.И. Вернадского

²НИЦ функциональных материалов и нанотехнологий Физико-технического института
КФУ им. В.И. Вернадского
olga_tomilina@mail.ru

Введение. Самоорганизующиеся наночастицы металлов находят широкое применение в магнитоплазмонике и плазмонной сенсорике, в селективном и ростовом нанокатализе, для создания функциональных нанокомпозитов. Наиболее простой и распространённый метод синтеза таких наночастиц непосредственно на подложке-носителе – это метод термоактивированной грануляции (отжига) сверхтонких плёнок металлов. При этом наиболее важными параметрами, характеризующими структурную морфологию ансамблей таких самоорганизующихся наночастиц, являются форма полученных наночастиц, разброс их размеров внутри ансамбля и поверхностное размещение наночастиц на подложке (концентрация, анизотропия, межчастичные промежутки).

Цель работы: исследовать особенности морфологии самоорганизующихся наночастиц Au, полученных методом термоактивированной грануляции сплошных сверхтонких плёнок.

Металлические сверхтонкие плёнки Au были получены методом термического напыления в вакууме (давление остаточных газов не более $6 \cdot 10^{-4}$ Па) на подложки из гадолиний-галлиевого граната (GGG). Для формирования самоорганизующихся наночастиц Au применялся метод термоактивированной грануляции (отжиг сверхтонкой плёнки Au при температуре 950°C в течение 10 мин на воздухе). Исследование морфологии поверхности

полученных самоорганизующихся наночастиц осуществлялось методами растровой электронной (РЭМ) и атомно-силовой (АСМ) микроскопии.

Результаты исследований. Результаты РЭМ исследования (отражённые электроны, контраст по атомному номеру) морфологии поверхности системы наночастиц Au_(NP)/GGG (эффективная толщина плёнки Au до отжига $h_{eff} = 9$ нм) показаны на рис. 1.

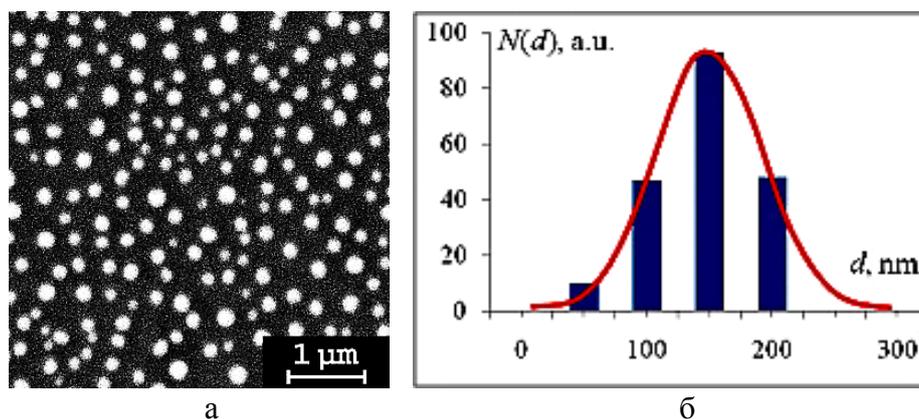


Рис. 1 – Морфология поверхности плёнки Au_(NP)/GGG ($h_{eff} = 9$ нм) после ТАГ при 950°C, 10 мин: а) РЭМ-снимок, б) распределение наночастиц по размерам.

Видно, что наночастицы имеют форму близкую к круглой (рис. 1а), при этом разброс по размерам достаточно хорошо описывается нормальным распределением (рис. 1б). Подобное РЭМ исследование даёт достаточно подробную информацию о поверхностной концентрации наночастиц и степени заполнения поверхности, позволяет построить диаграмму разброса частиц по размерам, однако он не даёт информации о пространственной форме наночастиц.

Информацию о пространственной форме позволяет получить АСМ исследование (рис. 2). Видно, что островки в сечении (рис. 2б) имеют форму близкую к полусфере со средним аспектным соотношением 0.5 (отношение высоты к диаметру). Следует отметить, что размеры островков на АСМ-снимке (рис. 2а) несколько больше, чем размеры островков на РЭМ-снимке (рис. 1а), что связано с диаметром закругления конца зонда-кантилевера в АСМ.

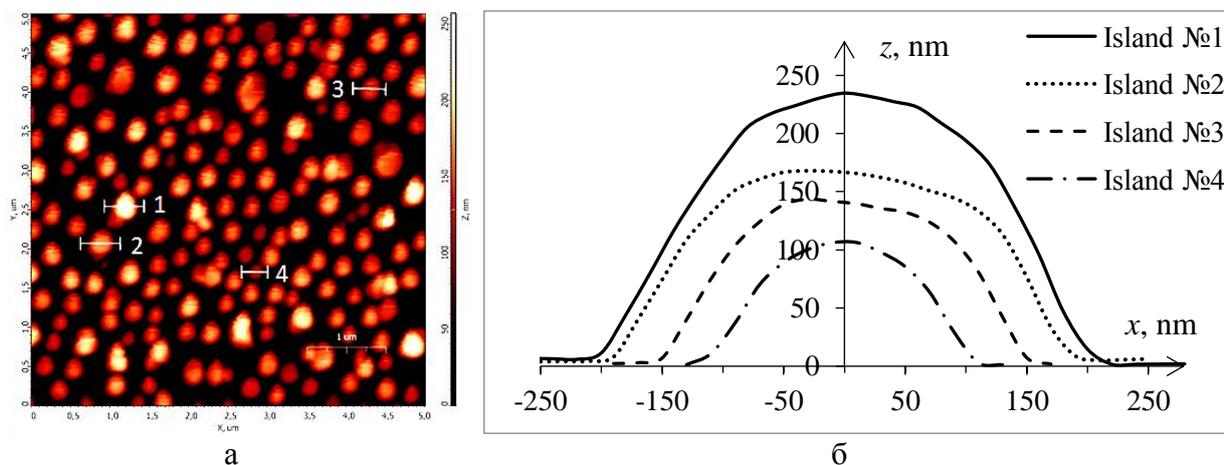


Рис. 2 – Морфология поверхности плёнки Au_(NP)/GGG ($h_{eff} = 9$ нм) после ТАГ (950°C, 10 мин): а) АСМ-снимок, б) профиль сечения островков.

Наиболее информативным для понимания пространственной морфологии системы наночастиц Au_(NP)/GGG является РЭМ исследование при наклонном падении электронного луча под углом $\pi/4$ и детектировании во вторичных электронах (рис. 3).

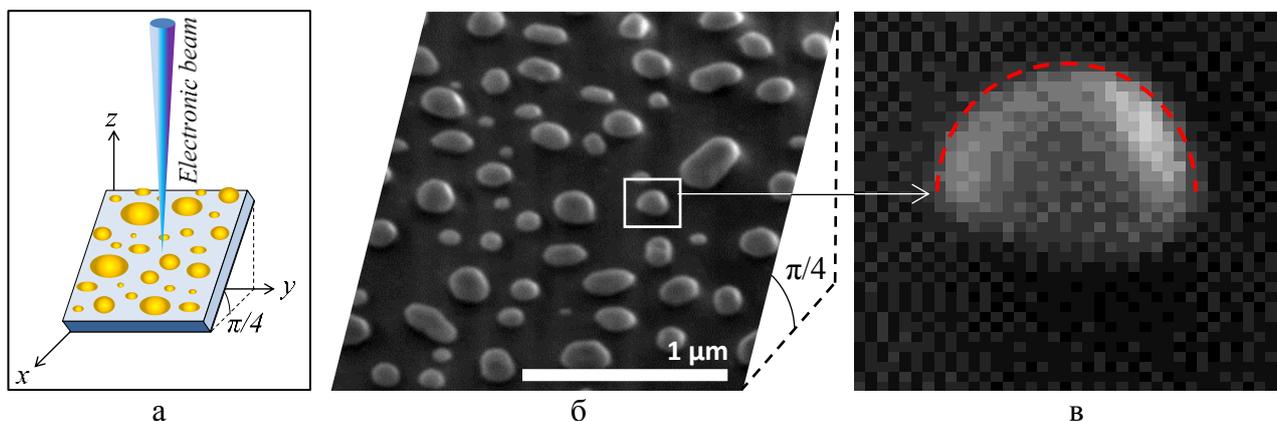


Рис. 3 – Морфология поверхности плёнки Au_(NP)/GGG ($h_{eff} = 9$ нм) после ТАГ (950°C, 10 мин) при падении луча под углом $\pi/4$: а) схема эксперимента, б) РЭМ-снимок, в) увеличенное изображение единичной наночастицы.

Как видно из рис. 3б,в наночастицы имеют округлую форму как сверху, так и со стороны подложки (при грануляции Au не смачивает GGG), что принципиально невозможно увидеть при нормальном падении электронного луча или с помощью АСМ-зонда.

Выводы. При синтезе самоорганизующихся наночастиц Au методом термоактивированной грануляции сверхтонких плёнок золото не смачивает подложку GGG, что приводит к формированию наночастиц округлой формы (на подобие капель росы). Подобную структуру наиболее целесообразно исследовать методом РЭМ при наклонном падении луча и детектировании вторичных электронов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках базовой части государственного задания (Проект № 3.7126.2017/8.9), а также частично в рамках поддержанного ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» гранта № ВГ22/2018.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В. И. ВЕРНАДСКОГО»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ

V научно-практической конференции
профессорско-преподавательского состава,
аспирантов, студентов и молодых ученых

«ДНИ НАУКИ КФУ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

(наименование структурного подразделения/филиала)

**СЕКЦИЯ: «ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ»**

г. Симферополь 2019 год

V научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» / Сборник тезисов участников/ Секция «Физика конденсированного состояния» // Симферополь, 2019

В сборник включены доклады участников V научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского», отражающие достижения научных и практических изысканий в сфере естественных, гуманитарных, технических наук и информационных технологий.

Работы публикуются в редакции авторов. Ответственность за достоверность фактов, цитат, собственных имен и других сведений несут авторы.

СЕКЦИЯ «ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»

(наименование секции)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОРОД

Максимов Г.С.¹, Наухацкий И.А.²

¹студент кафедры физики конденсированных сред, физических методов и
информационных технологий в медицине ФТИ КФУ им. В.И. Вернадского

²зав.лаб. кафедры физики конденсированных сред, физических методов и информационных
технологий в медицине ФТИ КФУ им. В.И. Вернадского

Научн. рук. - Максимова Е.М., к.ф.-м.н.,

доцент кафедры физики конденсированных сред, физических методов и информационных
технологий в медицине ФТИ КФУ им. В.И. Вернадского

maksimovaem@cfuv.ru

Введение. Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) – один из самых эффективных современных методов анализа, позволяющий за небольшое время получить полную и достоверную информацию об элементном составе любого сложного образца. Этот метод позволяет одновременно определить наличие более 80-ти химических элементов от бора до урана. РФА позволяет контролировать как основной состав образца, так и обнаруживать наличие в нем микропримесей, определяющих физико-химические свойства исследуемого вещества.

Целью работы являлось определение причины различной окраски кальцитов, найденных в кальцитовых жилах крымского горного массива Чатыр-Даг.

Методика исследования. Определение элементного состава осуществлялось методом рентгенофлуоресцентного анализа на настольном волнодисперсионном рентгеновском флуоресцентном спектрометре последовательного действия Supermini 200 Rigaku (Япония). Этот прибор позволяет с прецизионной точностью определить содержание как тяжелых (Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Au и др.) так и легких элементов (F, Na, Mg, Ca, Si, Al, P и др.) в химическом составе исследуемых образцов. Спектрометр также обеспечивает высокое спектральное разрешение для разделения перекрывающихся пиков от различных элементов. Съемка образцов происходит в вакууме и носит неразрушающий характер. Высокомощная рентгеновская трубка позволяет снизить пределы обнаружения. Наличие автосменщика на 12 образцов позволяет сократить время измерения

Результаты исследований. Были исследованы три кальцита разного цвета – белого, бесцветного (прозрачного) и желтого. Результаты исследований представлены в таблице 1. Первые пять (по количественному содержанию в образце) элементов выделены жирным шрифтом.

Таблица 1. Элементный состав кальцитов

Состав, в вес.% Образец кальцита	Ca	Si	Fe	K	Sr	P	Cl	S	Mn
Бесцветный	97.6	0.998	0.919	0.239	---	0.120	0.0624	0.0265	---
Белый	98.1	0.726	0.493	0.133	0.241	0.124	0.0928	0.0564	---
Желтый	97.6	0.309	1.76	0.0651	---	0.0712	---	0.0082	0.215

Видно, что матрица всех исследуемых кальцитов состоит из кальция. В отличие от первых двух образцов, состав образца кальцита желтого цвета отличается наличием большего количества железа: в два раза по сравнению с бесцветным образцом и в более чем в три раза по сравнению с образцом белого цвета. В желтом образце, также в отличие от бесцветного и белого кальцитов присутствует марганец и отсутствует хлор. Очевидно, что наличие тех или иных микропримесей и играет определяющую роль в результирующей окраске кальцитов, элементный состав матрицы которых соответствует классическому составу кальцитов.

Литература

Ревенко А.Г. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ природных материалов.// Новосибирск: «Наука», 1994. 264 с. 2

TRIGONAL MAGNETS: DETERMINATION OF THE MAGNETIC STRUCTURE TAKING INTO ACCOUNT UNIAXIAL MAGNETIC INVARIANTS OF FOURTH ORDER

Seleznev K. ¹

¹student of Physics and Technology Institute, V.I. Vernadsky Crimean Federal University

scientific supervisor: Prof. Strugatsky M.B.

kostya.selez@gmail.com

Introduction. Usually in the expression for the energy of uniaxial magnetocrystalline anisotropy for trigonal magnets only second-order invariants are taken into account. Meanwhile, during studying the nature of magnetic phase transitions the higher-order invariants can play a significant role.

The aim of the present work is to determine possible magnetic states of trigonal magnets with allowance for fourth-order invariants in the expression for the energy of uniaxial magnetocrystalline anisotropy. Let us consider a two-sublattice antiferromagnet with weak ferromagnetism of such type using the magnetic structure of iron borate FeBO_3 as a model object. The energy can be expressed as:

$$\mathcal{F} = \frac{1}{2} E m^2 + D(l_x m_y - l_y m_x) + \frac{1}{2} a l_z^2 + \frac{1}{2} b l_z^4, \quad (1)$$

where E and D are exchange and Dzyaloshinsky constants, a and b are uniaxial anisotropy constants of the second and fourth order, respectively, \mathbf{m} and \mathbf{l} are reduced ferromagnetic and antiferromagnetic vectors (vector sum and difference of sublattice magnetizations, respectively).

Minimizing expression (1) with respect to the components of \mathbf{m} at fixed \mathbf{l} and representing the latter in spherical coordinates, one gets the anisotropic part of the energy:

$$\mathcal{F}_{\text{aniso}}(\mathcal{G}) = \frac{1}{2} a_{\text{eff}} \cos^2 \mathcal{G} + \frac{1}{2} b \cos^4 \mathcal{G},$$

where \mathcal{G} is a polar angle of \mathbf{l} , $a_{\text{eff}} = a + D^2/E$ is an effective uniaxial anisotropy constant.

We are interested in the orientation of l in a stable equilibrium, *i.e.* in a minimum of $\mathcal{F}_{\text{aniso}}(\mathcal{G})$ function. Equating to zero the first derivative with respect to the angle \mathcal{G} one gets three critical points, see Table 1.

Table 1. Magnetic states of trigonal magnets.

Critical point	Magnetic state
I. $\mathcal{G} = 0$	easy axis antiferromagnet – l lies along the third-order axis, and there is no weak ferromagnetism.
II. $\mathcal{G} = \frac{\pi}{2}$	easy-plane antiferromagnet with weak ferromagnetism – l and m lie in the basal plane.
III. $\mathcal{G} = \arccos\left(\sqrt{-\frac{a_{\text{eff}}}{2b}}\right)$	antiferromagnet with weak ferromagnetism – l makes an angle with the basal plane and m lies in it.

The results of the analysis of the second derivative sign in critical points for different signs of the constants a_{eff} and b gives:

- if $a_{\text{eff}} > 0$ and $b > 0$ – the state (II) occurs;
- if $a_{\text{eff}} < 0$ and $b < 0$ – the state (I) occurs;
- if $a_{\text{eff}} > 0$ and $b < 0$ – the state (I) or (II) occurs if $a_{\text{eff}} < -b$ or $a_{\text{eff}} > -b$, respectively. The transition occurs as a first-order phase transition.
- if $a_{\text{eff}} < 0$ and $b > 0$ – the state (I) or (III) occurs if $a_{\text{eff}} < -2b$ or $a_{\text{eff}} > -2b$, respectively. The transition occurs as a second-order phase transition.

Conclusion

Fourth-order magnetic invariants in the expression for the energy of uniaxial magnetocrystalline anisotropy for trigonal magnets have been taken into account. Possible magnetic states have been determined. Depending on the sign and relative value of the constants of the uniaxial anisotropy three different states can occur: easy axis antiferromagnet, easy-plane antiferromagnet with weak ferromagnetism and angular phase (antiferromagnet with weak ferromagnetism – l makes an angle with the basal plane and m lies in it).

Acknowledgments

This work was partially supported by V.I. Vernadsky Crimean Federal University Development Program for 2015–2024.

FLUX GROWTH OF $\text{Ni}_x\text{Ga}_{1-x}\text{BO}_3$ AND NiGa_2O_4 SINGLE CRYSTALS FOR FUNDAMENTAL STUDIES IN SOLID STATE PHYSICS

Yagupov S., Strugatsky M., Mogilenec Yu., Seleznev K., Seleznyova K., Nauhatsky I., Maksimova E.

Physics and Technology Institute, V.I. Vernadsky Crimean Federal University
yagupov@cfuv.ru

Introduction. Despite the rather extensive study of iron borate, FeBO_3 , crystals, the nature of certain properties arising from the isomorphous substitution of part of Fe ions by other ions remains unclear. For instance, doping of FeBO_3 by Ni (0.1%) leads to the appearance of photo-induced instability of the domain structure, as well as photomagnetic memory. The nature of these effects is still in question. In order to clarify the role of Ni in the formation of photomagnetic effects, we propose to synthesize and study nickel-gallium borates, $\text{Ni}_x\text{Ga}_{1-x}\text{BO}_3$, up to maximum possible range of substitutions. Studying the behavior of Ni in the diamagnetic GaBO_3 matrix, isostructural to iron borate, allows to get a better insight to the magnetic properties of Ni not “interfered” with iron ions.

The aim of the present work is to synthesize $\text{Ni}_x\text{Ga}_{1-x}\text{BO}_3$ crystals with x in the maximum possible range of substitutions. These crystals will allow us to study the transformation of the crystal structure with increasing x and subsequently carry out studies of the magnetic states that occur in the system.

Results. Single crystals of nickel-gallium borates were synthesized using flux growth technique in $\text{NiO-Ga}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-PbO-PbF}_2$ system with B_2O_3 , PbO and PbF_2 as solvents. The synthesized $\text{Ni}_x\text{Ga}_{1-x}\text{BO}_3$ crystals with various $x < 0.002$, (concentration of NiO in the charge is 0.003 mas %), are shown in Fig. 1a. The crystals have the shape of thin hexagonal plates making up to 0.5 mm along the trigonal C_3 axis and up to 3 mm in the basal plane perpendicular to the C_3 axis.

It was found that when the threshold concentration of NiO in the charge (0.75 mas %) is exceeded, new crystalline phase with a crystal dimensions up to 0.1 mm appear, see Fig. 1b. X-ray diffraction studies show that this phase corresponds to NiGa_2O_4 crystals that possess spinel structure. Flux synthesis and study of these crystals is of particular interest from the point of view of fundamental research because of the fact that such crystals can possess the properties of spin glasses. It should be noted that such structures were not synthesized by flux growth technique that allows obtaining high-quality crystals. The synthesis and study of such materials in order to understand the nature of this special magnetic state is extremely important for the development of fundamental science and still attracts the attention of the scientific community.

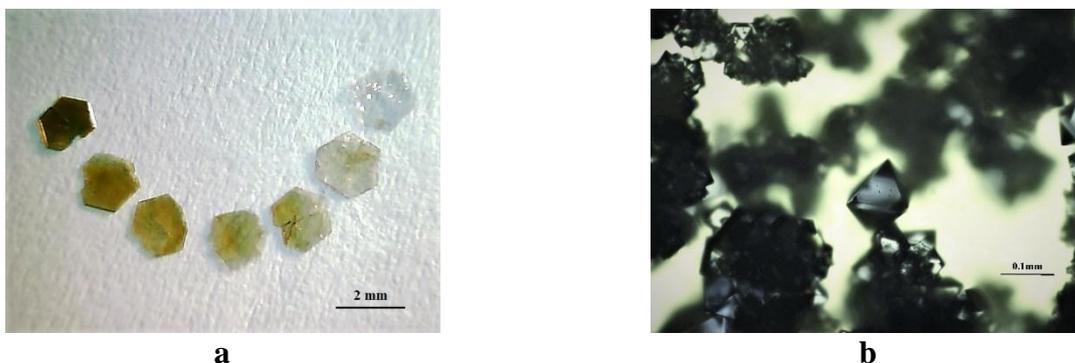


Figure 1. Synthesized crystals: a – $\text{Ni}_x\text{Ga}_{1-x}\text{BO}_3$, b – NiGa_2O_4

Acknowledgements. This work was partially supported by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) in the framework of scientific projects number 18-32-00210 “mol_a” (crystal synthesis) and number 19-32-90054; and by the V.I. Vernadsky Crimean Federal University Development Program for 2015–2024.

DETERMINATION OF THE EFFECTIVE PRESSURE INDUCED IN FeBO₃ EPITAXIAL FILMS BY A DIAMAGNETIC GaBO₃ SUBSTRATE

Prilepskiy D.Yu.

¹ *PhD student of Physics and Technology Institute, V.I. Vernadsky Crimean Federal University*

scientific supervisor: Dr. Seleznyova K.A.
rockaroller@mail.ru

Introduction. Iron borate, FeBO₃, is a two-sublattice easy-plane antiferromagnet with weak ferromagnetism. This crystal is isostructural to CaCO₃, possessing a spatial symmetry group D_{3d}⁶. Recently, composite structures have been synthesized – thin epitaxial magnetic films of iron borate on a diamagnetic GaBO₃ substrate that is isostructural to FeBO₃. The antiferromagnetic resonance (AFMR) studies of these thin films, as well as of the massive single-crystal of iron borate have been carried out by S.Yagupov et al., *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **417** (2016), 338. In the case of applying a magnetic field \mathbf{H} in the basal plane of the crystal, the low-frequency (LF) AFMR mode is:

$$\nu = \gamma \left[H^2 + H_D^2 + H_{\Delta}^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

where ν is the frequency of the applied microwave field, H_D is the Dzyaloshinsky field, H_{Δ}^2 is the isotropic energy gap. By S.Yagupov et al. it was found that H_{Δ}^2 , associated with magnetoelastic interactions, in a FeBO₃ film is much larger in magnitude than in a massive single crystal of iron borate. In what follows we consider that the reason of such discrepancy is the stresses in the film induced by film-substrate mismatch (~2%).

The aim of the present work is to carry out theoretical description of the LF AFMR mode taking into account the stresses induced in the FeBO₃ film by a diamagnetic substrate, as well as to estimate the effective pressure.

Results. The value of H_{Δ}^2 calculated without taking into account external pressure is $2.66 \cdot 10^3 (kA/m)^2$ at 297 K that is in satisfactory agreement with the experimental value for an unstressed FeBO₃ single crystal. The experimental value of the gap for the film at 297 K is $2.134 \cdot 10^4 (kA/m)^2$ that makes it possible to determine the effective pressure induced by the substrate, $2.19 \cdot 10^7 N/m^2$.

Conclusions. The theoretical expression for the isotropic energy gap of the LF AFMR mode for iron borate film is calculated with allowance for the stresses caused by the diamagnetic gallium borate substrate. A comparison with experimental results made it possible to estimate the effective pressure induced in the FeBO₃ film by the substrate.

ТИПЫ ДИСПЕРСИИ МОД ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ СКРУЧЕННЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН СО СТУПЕНЧАТЫМ ПРОФИЛЕМ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Баршак Е.В.¹, Яворский М.А.²

¹доцент кафедры физики конденсированных сред, физических методов и информационных технологий в медицине Физико-технического института КФУ,

²заместитель директора по научной работе Физико-технического института КФУ

¹lena.barshak@gmail.com

Введение. В настоящее время оптические вихри (ОВ) играют особую роль в информационных технологиях, что обуславливается их способностью переносить орбитальный угловой момент (ОУМ). Однако на пути реализации информационных ОУМ-технологий, неотъемлемо возникает задача оценки и подавления дисперсии, образующейся вследствие различия скоростей ОВ, что приводит к снижению пропускной способности канала связи. Поскольку ОВ обладают поляризационными и орбитальными степенями свободы, это может привести к возникновению как известной для фундаментальных мод поляризационной модовой дисперсии (ПМД), так и новых типов модовой дисперсии.

Цель работы состоит в исследовании возможных типов дисперсии ОВ – мод высших порядков скрученных оптических волокон со ступенчатым профилем показателя преломления.

Известно, что моды с азимутальным числом $|\ell|=1$ циркулярных оптических волокон с крутильными механическими напряжениями (КМН) представлены двумя ОВ и стандартными азимутально поляризованной ТЕ и радиально поляризованной ТМ модами: $|1,1\rangle$, $|-1,-1\rangle$, $|TE\rangle$, $|TM\rangle$, а моды с азимутальным числом $|\ell|>1$ четырьмя ОВ: $|1,|\ell\rangle$, $|-1,-|\ell\rangle$, $|1,-|\ell\rangle$, $|-1,|\ell\rangle$, где $|\sigma,\ell\rangle = (1/\sqrt{2})e^{i\ell\phi}\text{col}(F_\ell(r), i\sigma F_\ell(r))$, индекс $\sigma = \pm 1$ определяет направление циркулярной поляризации, ℓ – топологический заряд ОВ, $F_\ell(r)$ – радиальная функция, используется цилиндрическая система координат (r, ϕ, z) .

Постоянные распространения ОВ с $|\ell|\geq 1$ представимы в следующем виде:

$$\beta_{\sigma,\ell}(\lambda) = \tilde{\beta}_\ell(\lambda) + \frac{\Delta(\lambda)(F'_\ell(1)(\lambda) - \sigma\ell)}{2r_0^2\tilde{\beta}_\ell(\lambda)Q_\ell(\lambda)} - (\sigma + \ell)g(\lambda)q. \quad (1)$$

Здесь λ – длина волны излучения, Δ – высота профиля показателя преломления (для слабонаправляющих волокон $\Delta \ll 1$), r_0 – радиус сердцевины волокна, $\tilde{\beta}_\ell(\lambda)$ – скалярная постоянная распространения, $Q_\ell(\lambda) = \int_0^\infty R F_\ell^2(R, \lambda) dR$, $R = r/r_0$, $g(\lambda)$ – параметр, определяющий величину КМН при заданном шаге скрутки $H = 2\pi/q$. Второе слагаемое в выражении (1) обусловлено влиянием спин-орбитального взаимодействия (СОВ), а последнее – влиянием КМН вследствие скрутки волокна. Это приводит к полному снятию вырождения в спектре ОВ скрученного циркулярного волокна.

Известно, что различие в групповых скоростях мод оптического волокна приводит к модовой дисперсии, величину которой можно вычислить, используя следующее выражение:

$$\Delta\tau = \frac{z}{c} \frac{d\Delta\beta_{\sigma,\ell;\sigma',\ell'}}{dk}, \quad (2)$$

где $\Delta\beta_{\sigma,\ell;\sigma',\ell'} = \beta_{\sigma,\ell} - \beta_{\sigma',\ell'}$ – разность постоянных распространения соответствующих мод, c – скорость света в вакууме, $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число.

Результаты исследований. Выражения (1) и (2) позволяют установить типы дисперсии ОВ, существующие в циркулярных оптических волокнах с КМН. Так, установлено, что наряду с классической ПМД, возникает еще два принципиально новых вида дисперсии: топологическая (ТМД) и гибридная модовая дисперсия (ГМД) (рисунок 1). ТМД описывает разницу в групповых скоростях ОВ на одной поляризации, но с разным знаком топологического заряда. ГМД характеризует разницу групповых скоростей ОВ, ортогональных как по состоянию циркулярной поляризации, так и по знаку топологического заряда.

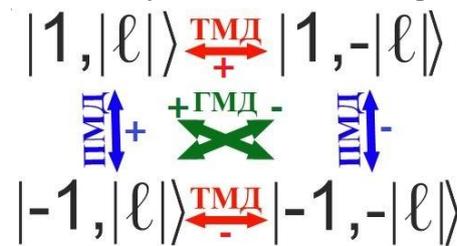


Рис. 1. Типы модовой дисперсии

На рисунке 2 приведены численно полученные графики зависимости абсолютных значений приведенных выше типов модовой дисперсии от длины волны излучения в диапазоне от $\lambda=0,55$ мкм до $\lambda=1,6$ мкм для ОВ с азимутальным числом $|\ell|=1$ (рисунок 2, а) и $|\ell|=2$ (рисунок 2, б). Спектральные характеристики показателя преломления волокна, профиль которого формируют путем соответствующего распределения концентрации легирующих присадок, определялись при помощи формулы Селлмейера и на основе данных, приведенных в работе Varlow A.J. и Payne D.N. «The stress-optic effect in optical fibres». Видно, что существуют такие параметры волокна, при которых ПМД и ТМД ОВ с $|\ell|=2$ обращаются в ноль. Однако, следует отметить, что это возможно при разных значениях длины волны, что, как показывает анализ, является следствием влияния КМН.

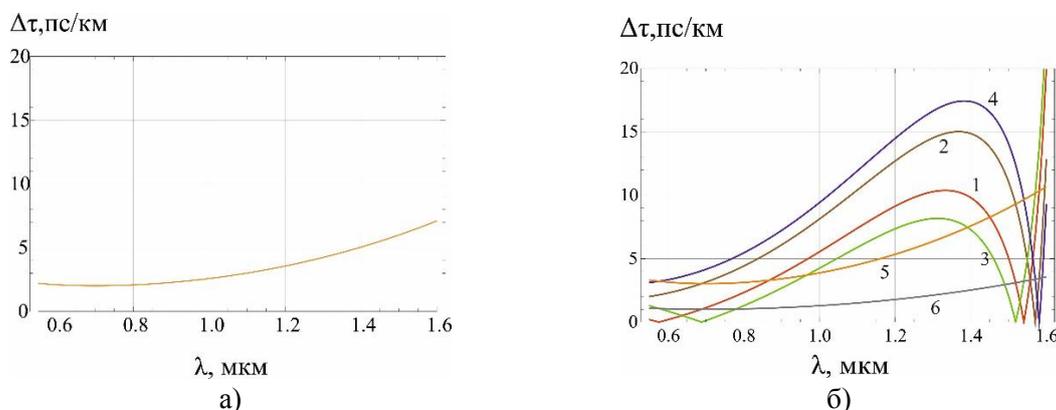


Рис. 1. Спектральная зависимость установленных типов дисперсии ОВ в скрученных циркулярных волокнах: а) ГМД ОВ с азимутальным числом $|\ell|=1$; б) Модовая дисперсия ОВ с азимутальным числом $|\ell|=2$. Номерами кривых обозначены следующие типы дисперсии: 1,2 – ПМД(\pm), 3,4 – ТМД(\pm), 5,6 – ГМД(\pm). Параметры волокна: состав сердцевины: 3,1% GeO₂ 96,9% SiO₂; оболочки – SiO₂; $r_0=8,55$ мкм; на длине волны излучения $\lambda_{He-Ne} = 0,632$ мкм, волноводный параметр $V_0=10,2$, $\Delta_0=3,3 \cdot 10^{-3}$.

Выводы. В данной работе показано, что КМН приводят к возникновению нового типа дисперсии – ГМД – между ОВ с азимутальным числом $|\ell|=1$ циркулярных оптических волокон. Установлено, что между ОВ с $|\ell|>1$ скрученных оптических волокон возникает три типа дисперсии: стандартная ПМД, а также принципиально новые ТМД и ГМД. Установлена возможность обращения в ноль ПМД и ТМД ОВ скрученных оптических волокон на определенных значениях длины волны. Полученные результаты дают целостное представление о модовой дисперсии ОВ в скрученных оптических волокнах со ступенчатым профилем показателя преломления, которое может стать основой для подбора оптимальных параметров волокна для различных режимов кодирования данных в состояниях ОУМ ОВ.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В. И. ВЕРНАДСКОГО»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ

V научно-практической конференции
профессорско-преподавательского состава,
аспирантов, студентов и молодых ученых

«ДНИ НАУКИ КФУ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО»

(наименование структурного подразделения/филиала)

СЕКЦИЯ: «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

г. Симферополь 2019 год

V научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» / Сборник тезисов участников/ Секция «Теоретическая физика» // Симферополь, 2019

В сборник включены доклады участников V научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского», отражающие достижения научных и практических изысканий в сфере естественных, гуманитарных, технических наук и информационных технологий.

Работы публикуются в редакции авторов. Ответственность за достоверность фактов, цитат, собственных имен и других сведений несут авторы.

СЕКЦИЯ «ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»

(наименование секции)

УПРАВЛЯЕМАЯ ПОЛЯРИЗАЦИЕЙ ИНВЕРСИЯ ТОПОЛОГИЧЕСКОГО ЗАРЯДА
ОПТИЧЕСКИХ ВИХРЕЙ В ВОЛОКНАХ С АКУСТО-ОПТИЧЕСКИМ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ

Яворский М.А.¹, Викулин Д.В.²

¹ *заместитель директора по научной работе Физико-технического института КФУ*

² *аспирант кафедры теоретической физики Физико-технического института КФУ*
phystechs@cfuv.ru

Введение. В настоящее время, оптические пучки, переносящие орбитальный угловой момент (ОУМ), в частности оптические вихри (ОВ), общепризнанны как перспективные носители информации, как в свободном пространстве, так и в оптических волокнах.

Естественно, для успешного применения ОВ в информационных технологиях необходимы методы управления величиной ОУМ требуемые для кодирования информации в значениях ОУМ и реализации базовых логических операций. Кроме того, ортогональные состояния ОВ с различными значениями ОУМ образуют многомерное пространство, что тесно связывает этот вопрос с возможностью моделирования квантовых вычислений при помощи классических оптических полей.

Множество практически важных операций с ОУМ могут быть реализованы на основе специально созданных оптических волокон. Многообещающим типом таких волоконных систем являются оптические волокна с акустооптическим взаимодействием (АОВ) индуцированным изгибной акустической волной. Это связано со способностью волокон направлять оптические и акустические волны.

Преимущественно используемая на практике фундаментальная изгибная акустическая волна обеспечивает известную конверсию фундаментальной LP_0 моды в высшую LP_1 моду. В то же время, совсем недавно предсказана и экспериментально подтверждена эффективная генерация ОВ с единичным ОУМ непосредственно из фундаментальной моды. При этом параметры генерируемого ОВ определяются входной поляризацией фундаментальной моды. Однако, вопрос распространения падающего на волокно с АОВ, индуцированным изгибной акустической волной, ОВ с единичным топологическим зарядом (ТЗ) остается совершенно неисследованным.

Целью работы является демонстрации возможности использования обычного циркулярного волокна с изгибной акустической волной для управляемой поляризацией инверсии ОУМ падающего ОВ. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи исследования:

1. Изучить эволюцию ОВ с единичным ТЗ в циркулярном волокне с фундаментальной изгибной акустической волной.
2. Продемонстрировать возможность создания логического элемента на основе рассматриваемой системы.

Результаты исследований. В качестве основных результатов работы можно выделить следующие:

1. Показано, что в циркулярном волокне с изгибной акустической волной имеет место новый эффект управляемой поляризацией инверсии топологического заряда оптического ОВ - зависимости величины ОУМ прошедшего ОВ от направления линейной поляризации входного ОВ.

2. Продемонстрирована возможность реализации полностью волоконного устойчивого настраиваемого по длине волны логического элемента CNOT, где роль управляющего кубита играет состояние линейной поляризации ОВ, а управляемого - ТЗ ОВ.

Выводы. Исследована эволюция линейно-поляризованного ОВ в циркулярных волокнах с фундаментальной линейно-поляризованной акустической волной. Показано, что в циркулярном волокне с АОВ имеет место новая управляемая поляризацией модовая конверсия. Предсказан эффект инверсии ОУМ выходного ОВ, управляемый непосредственно изменением линейной поляризации входного ОВ. На основе данного эффекта предложен полностью волоконный устойчивый логический элемент CNOT, являющейся неотъемлемой частью всех основных квантовых алгоритмов и позволяющий генерировать запутанные состояния для ОВ с единичным ТЗ.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В. И. ВЕРНАДСКОГО»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ

V научно-практической конференции
профессорско-преподавательского состава,
аспирантов, студентов и молодых ученых

«ДНИ НАУКИ КФУ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

(наименование структурного подразделения/филиала)

**СЕКЦИЯ «Современная энергетика и SMART-
технологии»**

г. Симферополь 2019 год

V научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» / Сборник тезисов участников/ Секция «Современная энергетика и SMART-технологии» // Симферополь, 2019

В сборник включены доклады участников V научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского», отражающие достижения научных и практических изысканий в сфере естественных, гуманитарных, технических наук и информационных технологий.

Работы публикуются в редакции авторов. Ответственность за достоверность фактов, цитат, собственных имен и других сведений несут авторы.

СЕКЦИЯ «СОВРЕМЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА И SMART-ТЕХНОЛОГИИ»

(наименование секции)

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБЪЕКТОВ САНАТОРНО-КУРОРТНОГО КОМПЛЕКСА В
КРЫМСКОМ РЕГИОНЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ
НА БАЗЕ ВИЭ**

Муровская А.С.¹, Иванова А.В.²,

¹ *к.т.н., доцент кафедры электроэнергетики и электротехники Физико-технического
института КФУ*

² *магистрант кафедры электроэнергетики и электротехники Физико-технического
института КФУ*

Введение. Крымский регион является курортно-рекреационной территорией и в настоящее время значительными темпами реализуется реконструкция объектов оздоровительного комплекса с целью создания наиболее комфортных условий для отдыхающих и обеспечения притока инвестиций для дальнейшего развития региона.

Благодаря строительству транспортного перехода через Керченский пролив, который соединяет Керченский и Таманский полуострова, в значительной мере возросло количество приезжающих на отдых. За последние двадцать лет объекты санаторно-курортного комплекса Крыма морально устарели, а основное инженерно-техническое оборудование значительно изношено. Следовательно, развитие инфраструктуры отдыха и туризма в первую очередь необходимо начинать с реконструкции санаториев и пансионатов для комфортного отдыха посетителей.

Для Крымского полуострова, по сравнению с другими субъектами Российской Федерации, имеет место значительная доля возобновляемых источников энергии, что повлечет за собой необходимость аккумуляции электричества, выработанного солнечными и ветровыми электростанциями. Это позволит модернизированной энергосистеме эффективно распределять нагрузки в течение суток, а также выставлять на продажу лишние мегаватты на рынок электроэнергии.

Целью исследования является модернизация объекта санаторно-курортного комплекса Крымского региона с применением энергосберегающих технологий на базе ВИЭ.

В соответствии с целью были решены следующие задачи:

- проанализировано состояние инженерных сетей рассматриваемого санаторно-курортного комплекса;
- рассмотрено внедрение энергосберегающих технологий на примере открытого бассейна переливного типа, позволяющие значительно снизить потребление электрической энергии из сети.

Объектом исследования был выбран открытый бассейн переливного типа с сопутствующими зданиями: здание душевых и раздевальных; здание технологической части.

Открытый бассейн переливного типа, находится на открытой уличной площадке, площадью 553,06 м², объем воды в бассейне 785 м³, на территории ОЛЦ-пансионата «Северный», который расположен по адресу: Республика Крым, г. Ялта.

Здание душевых и раздевальных размерами в осях 14,9х10,0 м. Высота здания составляет 4,345 м, а высота помещений – 3,1 м; 3,13 м. Площадь участка составляет 154,43 м².

При модернизации объектов санаторно-курортного комплекса в Крымском регионе с применением энергосберегающих технологий на первоначальном этапе было предусмотрено:

- выбор оборудования для бассейна, для системы теплового насоса и для гелиоустановки, определение количества осветительных приборов комплекса. Согласно суммарной

потребляемой нагрузки электрического оборудования, максимальное потребление за сутки составляет 70,43 кВт, минимальное потребление - 1,712 кВт.

- согласно действующим документам, регламентирующим нормы освещения для помещений зданий душевых и раздевальных, а так же здания технологической части, имеющего подземное исполнение, был произведен расчет параметров рабочего освещения помещений с подбором необходимого количества новых высокоэффективных и экономичных светодиодных осветительных приборов, позволяющих снизить на 45% потребляемую электрическую мощность на освещение. Так же были определены необходимые параметры системы аварийного освещения.

- разработана система автономного уличного освещения. Для обеспечения требуемого уровня освещенности территории было запроектировано 34 светодиодных светильника, монтируемых на торшерную опору, что обеспечит равномерное освещение территории в течение 12 часов непрерывной работы.

- в качестве защитного устройства от поражения электрическим током, в розеточных сетях установлены устройства защитного отключения, которые в комплексе с контуром заземления обеспечивают надежную систему защиты от прямого поражения электрическим током и возникновения пожаров.

- при проектировании сетей электроснабжения, выполнена проверка питающей линии на сечение токопроводящих жил и падение напряжения. Согласно проведенным расчетам видно, что при допустимой норме в 5% потери напряжения существующей кабельной линии здания составляют 1,66% и 2,42%, что удовлетворяет предъявляемым требованиям к имеющимся кабелям, то есть замена кабеля не требуется. Определена суммарная установленная мощность электроприемников помещений здания с учетом коэффициентов спроса, расчетная мощность электропотребления здания составила 75,97 кВт, полная потребляемая мощность за время работы в сутки составила 571,7 кВт·час.

Для нагрева воды в открытом бассейне переливного типа предлагается установить систему теплового насоса класса «воздух-вода», необходимая мощность системы составит 225 кВт. Предлагается установка 3-х тепловых насосов фирмы Meeting MD300D, максимальная тепловая мощность 85 кВт, потребляемая электрическая мощность 21 кВт.

Для обеспечения нужд горячего водоснабжения основного санитарно-технического оборудования здания душевых и раздевальных принята установка системы плоских солнечных коллекторов на кровле здания, обеспечивающих суточное потребление горячей воды отдыхающими. Согласно проведенным расчетам, площадь солнцепоглощающей поверхности составляет 44,1 м². Разработанная система состоит из восьми ПСК фирмы «ЯSolar» площадью 2,04 м² и бака-аккумулятора объемом 1,3 м³, насосного модуля и запорно-соединительной арматуры.

Выводы:

1. Проанализировано состояние инженерных сетей рассматриваемого объекта санаторно-курортного комплекса.

2. Выбрано оборудование для бассейна, для системы теплового насоса и для гелиоустановки. Определена суточная нагрузка потребляемого оборудования на рассматриваемом объекте.

3. Разработана система рабочего освещения здания душевых и раздевальных, система аварийного освещения, а также система уличного освещения.

4. Рассчитана гелиосистема, полностью обеспечивающая потребность горячего водоснабжения душевых и раздевальных здания.

5. Рассчитана система подогрева воды в открытом плавательном бассейне за счет внедрения тепловых насосов с целью снижения потребления традиционных энергоресурсов.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ МОРСКОЙ ВОЛНЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ

Бекиров Э.А.¹, Циперко Л.Н.²

¹ д. т. н., профессор кафедры электроэнергетики электротехники Физико-технического института КФУ

² студент кафедры электроэнергетики электротехники Физико-технического института КФУ

Введение. На сегодняшний день одной из проблем в энергетике является доставка энергии к удаленному потребителю. Так как цена воздушной линии электропередач велика, строительство такой линии для питания маломощного потребителя нецелесообразно, поскольку срок окупаемости будет больше чем время эксплуатации ЛЭП. Также при строительстве ЛЭП в прибрежной зоне необходима защита опор от коррозии, что также увеличивает итоговую стоимость проекта. При этом получение электрической энергии вблизи потребителя за счёт энергии морской волны не нашло широкого применения, так как в естественных условиях волнение не несёт достаточной энергии и имеет непригодную для вращения турбины форму.

Несмотря на то, что волна является следствием движения воздушных масс у поверхности моря из-за неравномерного нагрева поверхности Земли Солнцем, она имеет значительно большую удельную мощность по сравнению с энергией ветра и солнца. Недостаток заключается в том, что эта энергия распределена по большой площади и является не постоянной величиной.

Таким образом, для преобразования энергии волны в электрическую энергию необходимо устройство, которое способно преобразовать колебание волны во вращательное движение, пригодное для работы турбины.

Цель данной работы - разработка устройства для преобразования энергии морской волны в электрическую энергию.

Задачи:

1. Разработка принципа работы устройства за счёт энергии волны;
2. Разработка и создание схемы управления для обеспечения работы установки;
3. Минимизация затрат на строительство и обслуживание установки, путем упрощения конструкции и использования дешёвых материалов;
4. Аккумулирование энергии для поддержания нормальной работы установки при недостаточном волнении.

Результаты исследований. Разработана конструкция устройства для преобразования энергии морской волны в электрическую энергию (рис 1). Предлагаемое устройство состоит из устройств для нагнетания воды поплавкового типа (рис 2), турбины Пелтона, двух вариаторов, спаренного сцепления, маховика, генератора и автоматики управления.

Принцип работы:

За счёт волнения на море верхний поплавок устройства для нагнетания воды (рис 2) всплывает, увлекая за собой поршень который вытесняет воду в трубопровод, далее под действием силы тяжести поплавок опускается, всасывая воду через впускной клапан. Вода под давлением попадает в ресивер и сжимает воздух в его верхней части, это необходимо для того чтобы на вход в турбину вода поступала непрерывным потоком. Если частота вращения турбины превышает частоту вращения маховика с учётом преобразования частоты на вариаторе, подается команда на включение сцепления и начинается разгон маховика. В тоже время вариатор, приводимый в движение сцеплением, вращает генератор при этом обеспечивается бесступенчатая передача момента, а следовательно регулировка по частоте. Преимущество установки заключается в том, что при ее разработке используются выпускаемые серийно механизмы, что значительно уменьшает себестоимость проекта.

Наличие маховика позволяет в независимости от волнения выдавать мощность согласно графику потребления, а в случае непредвиденного снижения частоты в сети компенсировать недостающую мощность, что позволяет применять волновую станцию совместно с солнечной и ветроэлектростанцией.

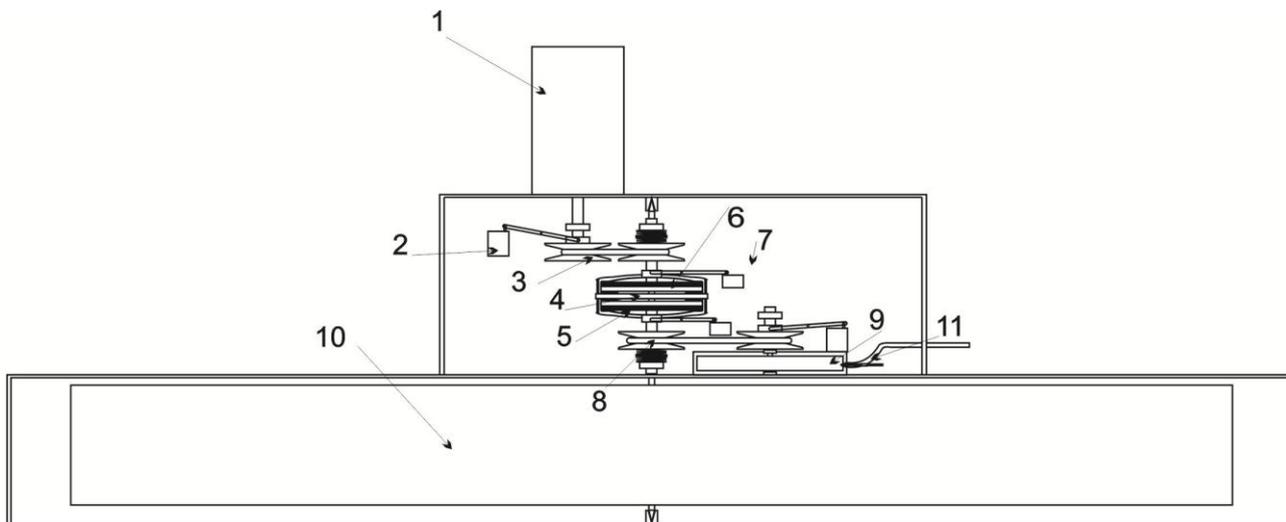


Рис. 1 Общий вид установки, 1) Генератор, 2)Механизм управления вариатором 3, 3) Вариатор, 4) Маховик, 5)6) Сцепление, 7) Механизм управления сцеплением 8) Вариатор, 9) Турбина, 10) Маховик, 11) Сопло.

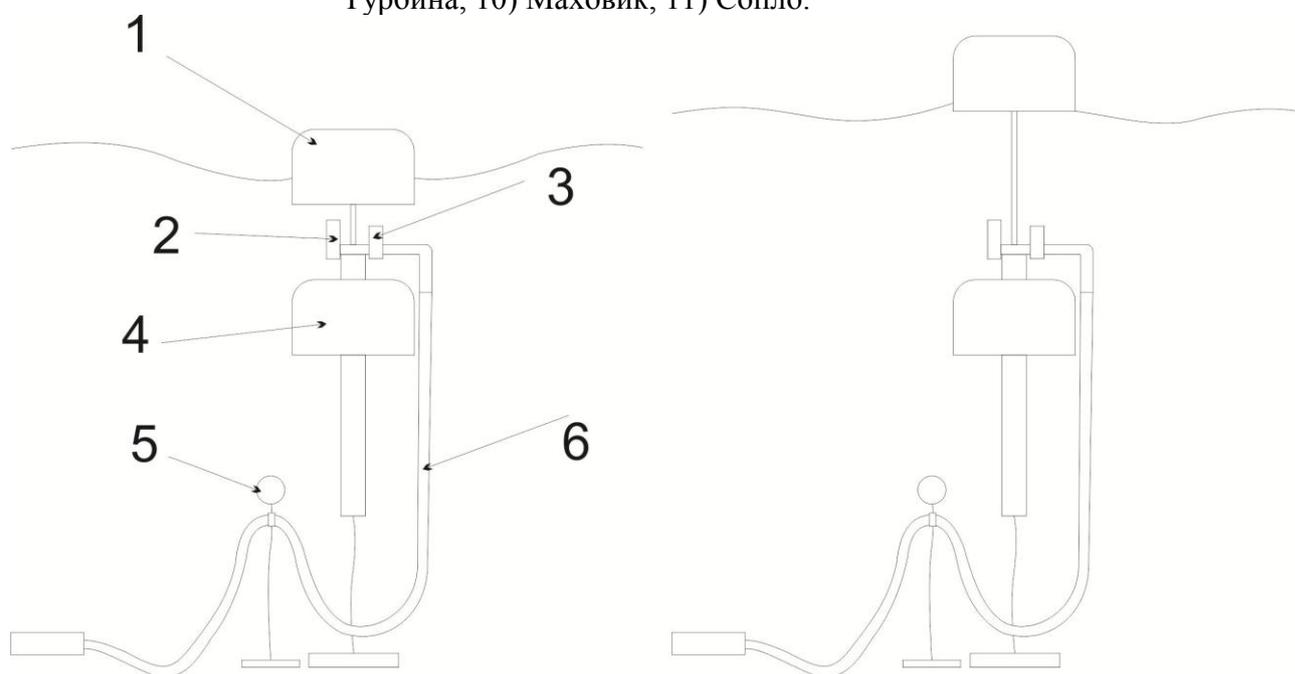


Рис. 2 Устройство для нагнетания воды. 1) Верхний поплавок, 2) впускной клапан, 3) Выпускной клапан, 4) Нижний поплавок, 5) Поплавок поддержки шланга, 6) Шланг.

Выводы. Разработано устройство для преобразования энергии морской волны в электрическую энергию.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Воскресенская С.Н.¹, Чуйков С.А.²

¹к.т.н., доцент кафедры электроэнергетики и электротехники Физико-технического института КФУ

²студент кафедры электроэнергетики и электротехники Физико-технического института КФУ

sergo.chuykov@mail.ru

Введение. В современной промышленности при необходимости нагрева, какого либо материала все чаще и чаще используются электротермические установки. В связи с этим возникает вопрос об их более экономичной эксплуатации. Так как токи, протекающие при электротермических процессах, достаточно велики, необходимо использовать различные способы регулирования для более экономичной эксплуатации электротермических установок и управления технологическим процессом. Одним из способов регулирования является ступенчатое регулирования. В данной работе будет рассмотрено ступенчатое регулирование при различной продолжительности включения.

Цель работы – проанализировать имеющуюся печь с номинальной мощностью 1133 Вт при различной продолжительности включения. **Задачей** исследования является получение временных диаграмм при следующих условиях:

- при холодной футеровке включение и отключение производится с интервалом 1 минута поочередно, показания снимаются в течение 20 минут с периодичностью 1 раз в 10 секунд;
- при нагретой футеровке включение и отключение производится с интервалом 1 минута поочередно, показания снимаются в течение 20 минут с периодичностью 1 раз в 10 секунд;
- при нагретой футеровке продолжительность включения 1 минута, продолжительность паузы 30 секунд. Показания снимаются в течение 20 минут 30 секунд с периодичностью 1 раз в 10 секунд;

Результаты исследования. Результатом исследования являются три графика, соответствующие трем проводимым опытам. На рисунке 1 представлен график для первого опыта.

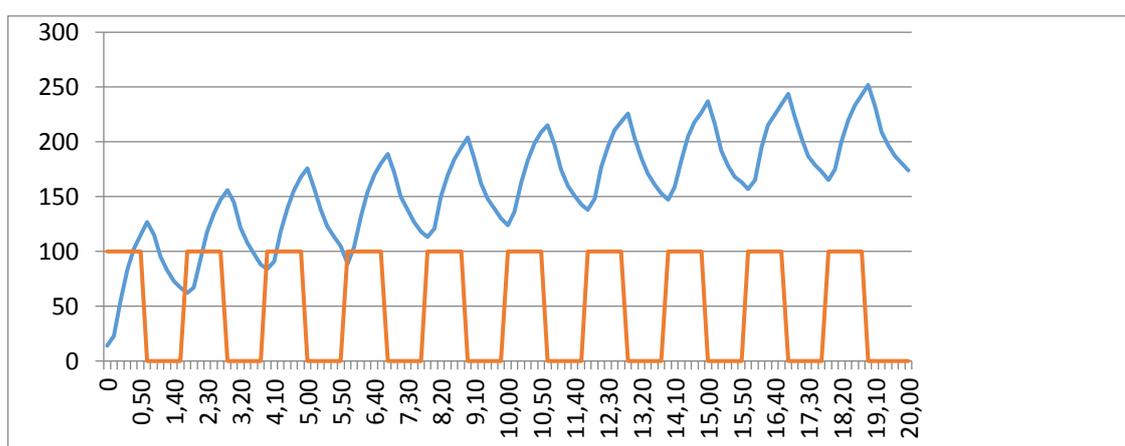


Рисунок 1. График исследования температуры при холодной футеровке и продолжительности включения 50%

Из рисунка 1 видно, что при включении печи на 100 % мощности она нагревается достаточно медленно и наибольшая ее температура составляет 252 градуса. Так же печь быстро остывает.

Из рисунка 2 видно, что максимальная температура печи возросла до 327 градусов, однако при такой продолжительности включения температура печи при отключении питания значительно падает. Это понижение температуры крайне негативно повлияет на технологический процесс или на качество изготавливаемой детали в целом.

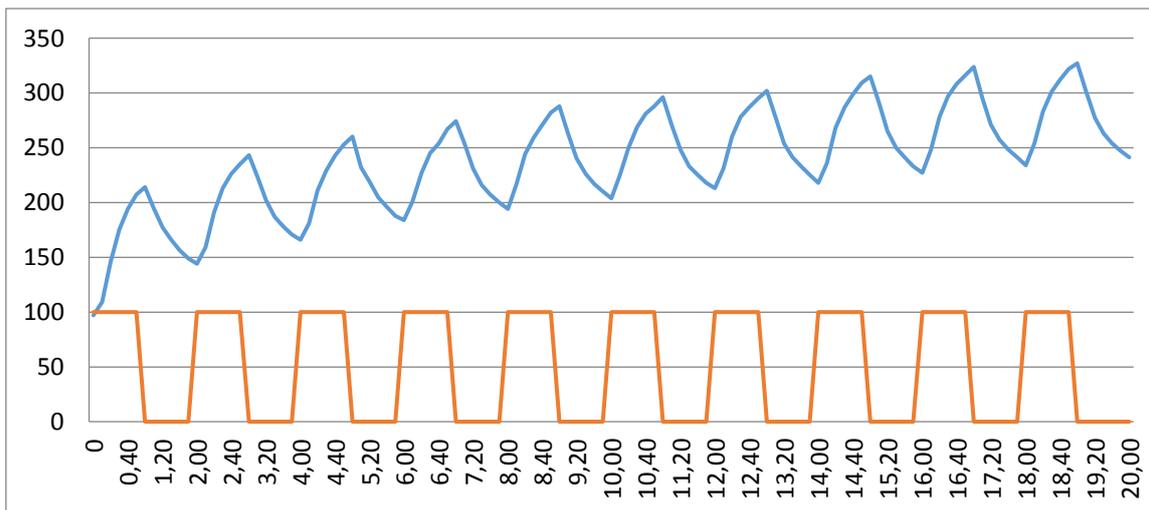


Рисунок 2. График исследования температуры при нагретой футеровке и продолжительности включения 50%

На рисунке 3 представлен график печи с разогретой футеровкой и продолжительность включения 66,7%.

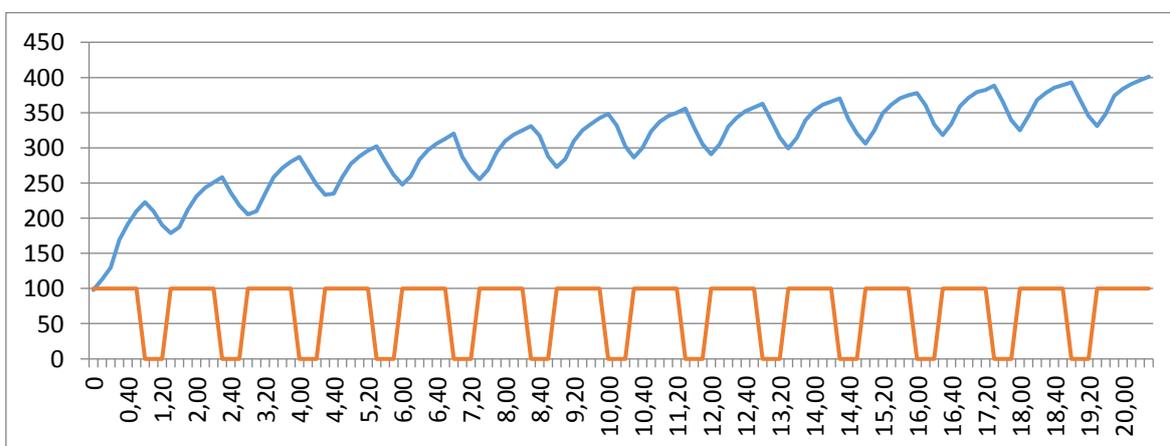


Рисунок 3. График исследования температуры при нагретой футеровке и продолжительности включения 66,7%

Из рисунка 3 видно, что максимальная температура составляет 401 градус, а провалы в температуре при выключении печи не велики. Такой способ регулирования температуры печи является наиболее выгодным из рассмотренных.

Вывод. В ходе проводимого исследования был проведен анализ регулирования температуры печи в зависимости от продолжительности включения. Опыты показали, что при более высокой продолжительности включения, была достигнута более высокая максимальная температура, но она также значительно понижалась за время пауз по сравнению со случаем при уменьшении времени работы в два раза.

АВТОНОМНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВЕТРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Потенко В.В. ¹

¹ студент кафедры электроэнергетики и электротехники Физико-технического института КФУ

научный руководитель: д. т. н., профессор Бекиров Э.А.

verapotenko@gmail.com

Введение. В настоящее время все ветроэлектростанции (ВЭС) Крыма подключены к линиям электропередач (ЛЭП), не имеют собственных резервных источников электроснабжения. При отсутствии необходимой скорости ветра для работы ветроэлектроустановки (ВЭУ), ВЭС переходят в режим потребления электроэнергии через ЛЭП, связывающие (ВЭУ) с общей энергосистемой, что в свою очередь ВЭС становится зависящей от внешних источников электроснабжения. Для компенсации собственного потребления ВЭУ, и надежной работы её при эксплуатации и в аварийных режимах работы, а именно при отключении ЛЭП во время работы ВЭС, что влечет за собой аварийный выход ВЭУ во флюгерное положение либо «разнос ветротурбины», в самом худшем варианте разрушение отдельных узлов (лопастей, ступиц) а также это пагубно сказывается на износ деталей, поэтому необходимо иметь резервный источник энергоснабжения.

Цель работы – обеспечить собственное потребление ветроэлектроустановки и надежность эксплуатации за счет установления солнечных батарей на трансформаторных подстанциях. **Задача:** создать независимую от ЛЭП систему энергоснабжения ветроэлектростанции путем присоединения к электрической схеме фотоэлектрических модулей.

Из-за переменного характера графиков электропотребления и энергетического потенциала возобновляемого источника, в состав схемы энергосистемы должно входить устройство накопления электроэнергии.

Учитывая особенности климата полуострова Крыма, солнечного потенциала, выработки электроэнергии солнечными электростанциями, возможно применение солнечных батарей для собственного потребления электроэнергии ветроэлектроустановкой. Данное решение позволит не только получать независимую систему электроснабжения ветроэлектроустановки, но и трансформаторной подстанции в целом. А также позволит выдавать в сеть избыток электроэнергии, произведённой солнечными батареями, что в свою очередь понизит себестоимость кВт*ч и улучшит экономические показатели.

За основу была взята Пресноводненская ветровая электростанция. Станция состоит из 52 ветроустановок типа USW56-100 и 3 ветроустановок типа AN Bonus 600 MkIV, восьми трансформаторных подстанций и диспетчерского пункта с системой управления ВЭС. Потребление ветроустановки в режиме покоя и ожидания ветра для USW56-100 составляет 80 Вт/час, а для AN Bonus 600 MkIV 300 Вт/час, трансформаторная подстанция в среднем потребляет 2020 Вт/час, усредненное суммарное потребление составит 20 640 Вт/час.

На каждую трансформаторную подстанцию, учитывая собственное потребление, предлагается установить солнечные батареи для покрытия собственного потребления электроэнергии, для накопления электроэнергии в аккумуляторах батареях, а также минимизации потерь в сетях.

На рисунке 1 показано блок схема подключение солнечных моделей к действующей трансформаторной подстанции №1. По такому же принципу будут подключены все трансформаторные подстанции. Количество фотоэлектрических батарей и номинальная мощность будет зависеть от количества присоединенных ветротурбин и типа трансформаторной подстанции.

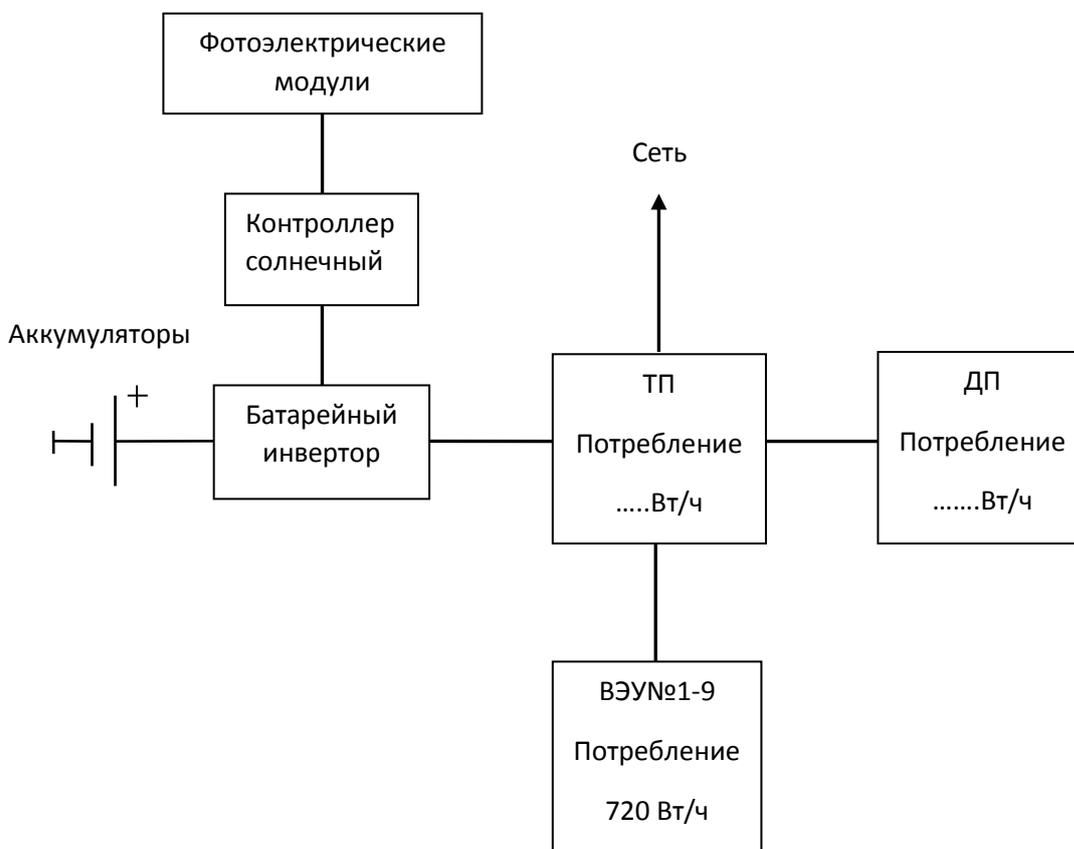


Рис. 1. Блок схема подключение солнечных моделей к трансформаторной подстанции №1

Выводы. Объекты возобновляемой энергетики в силу зависимости от природных условий, многообразных компоновок, состава, способа производства работ, взаимодействия с окружающей средой, в большинстве случаев уникальны.

Выбор оптимального варианта проекта предусматривает учет многих взаимосвязанных факторов и производится посредством серии последовательных уточняющих расчетов.

Была разработана схема подключения солнечных модулей для покрытия собственного потребления с независимым энергоснабжением ветротурбин, трансформаторных подстанций и хозяйственных нужд станции с возможностью выдачи в сеть излишек электроэнергии.

Автор выражает благодарность начальнику Пресноводненской ветровой электростанции В.Н. Коваль за предоставленные данные.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТАНОВОК, ПРЕОБРАЗУЮЩИХ ЭНЕРГИЮ ВОЛН

Станкевич Е.Н.¹

¹студентка кафедры электроэнергетики и электротехники Физико-технического института КФУ

Научный руководитель: д. т. н., профессор Бекиров Э. А.

Введение. В настоящее время большинство электростанций работают на угле, газе или нефти. Однако это не возобновляемые источники энергии. Поэтому ученые рассматривают альтернативные источники электричества, в том числе энергию волн океана.

По мнению экспертов, волны Мирового океана могут удовлетворить 20% энергетических потребностей населения Земли.

Принцип действия всех волновых электростанций в мире неизменный. Конструкторы лишь работают над изменением архитектуры камеры для достижения максимального сжатия воздуха внутри. Модернизированная камера позволяет изменять свой объем и геометрию, исходя из состояния акватории. Это позволило исключить перепады мощности ВЭС при снижении высоты волны и защитить оборудование от повышенных нагрузок и разрушения в период шторма.

В соответствии с развитием плана “зелёной” энергетики до 2020 года альтернативные источники энергии будут составлять до 5% от общего вырабатываемого электричества в стране. Согласно этому плану планируется и дальнейшее развитие волновых электрических станций.

Цель данной работы – проанализировать перспективы создания накопителей энергии, использующих морские волны.

Задачи:

1. Выяснить принцип действия различных генерирующих установок, использующих морские волны;
2. Анализ плюсов и минусов современных ВЭС;
3. Преобразование и использование электрической энергии, получаемой благодаря волновой электростанции.

Результаты исследований. Минусом волновой электростанции является её низкий КПД и большие капиталовложения при проведении работ в море. Также проблемой является невысокая стабильность генерации энергии и подверженность разрушительному воздействию волн. К тому же, учитывая, что наша конструкция будет находиться на значительном расстоянии от берега, мы получим большие потери на доставке электроэнергии потребителю, либо удорожание линии и оборудования за счёт повышения напряжения в линии. Поэтому более предпочтительным вариантом является конструкция волновой электростанции, которая не передаёт электроэнергию, а запасает и преобразует её в форму удобную для транспортировки. Я говорю об использовании водородных топливных элементов. Водород получаем электролизом воды на кислород и водород. При этом кислород тоже можно запасать.

Привлекательность водорода как универсального энергоносителя определяется экологической чистотой, гибкостью и эффективностью процессов преобразования энергии с его участием.

Вариант конструкции предполагает использование плота Коккереля с дополнительным модулем, включающим в себя буферный аккумулятор (аккумулятор, конденсаторы или что-то подобное), систему электролиза воды (разложение на кислород и водород), компрессор для

кислорода, и система запаса водорода специальными баллонами, выполненными из специально обработанного губчатого железа (эта технология была разработана ещё в позднем СССР).

Преимуществом губчатого железа является его способность хранить водород при низком давлении.

Таблица 1 Удельные показатели способов хранения

Способ хранения	Удельное потребление энергии, кВт·ч/кгH ₂	Удельный объём хранения, дм ³ /кгH ₂	Удельная масса хранения, кг/кгH ₂
Газообразный водород при низком давлении	0,39	1020	-
Газообразный водород при высоком давлении	0,93	81	16,0

Как видно из таблицы 01 хранение водорода при невысоком давлении гораздо выгоднее.

Можно использовать напрямую водород в качестве альтернативы бензину в двигателе внутреннего сгорания (ДВС), и всё это с минимальной переделкой.

Другой способ - водород может использоваться в так называемом "топливном элементе". В активной зоне топливного элемента происходит отделение одного электрона, в атоме водорода, от одного протона, и эти электроны используются для получения электрического тока. Это электричество способно питать двигатель в электрокаре. В топливных элементах не применяется ископаемое топливо, то есть топливные элементы не загрязняют окружающую среду. Минус указанных топливных элементов – это их дороговизна. Так, например, в качестве катализатора в них используется на данный момент платина. Вывод – необходимо разрабатывать другие конструкции, с использованием менее дорогих материалов. Но это требует проведения дополнительных исследований.

Систему электролиза и хранения водорода как источника энергии в волновой электростанции необходимо сделать полностью автоматизированной, работающей без участия человека. Речь идет о небольшом катере, который мог бы в автоматическом режиме, при сильном волнении на море, подплывать к плоту Коккереля и заменять баллоны, заполненные водородом, пустыми. После чего аппарат отплывает к берегу.

Выводы. Принцип действия всех волновых электростанций в мире неизменный - преобразование кинетической энергии волн в электрическую энергию.

Одним из плюсов ВЭС является то, что они могут выполнять роль гасителей волн, защищая береговые сооружения от разрушений.

Минусом же является нестабильность генерации энергии и высокие капитальные вложения при проведении производственных и пуско-наладочных работ. В настоящее время волновые электростанции экономически менее привлекательны, чем традиционные источники электрической энергии. Но поскольку удельная мощность волн превышает удельную мощность ветра, волновая энергетика может оказаться более выгодной чем ветровая.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВОДНО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ КРЫМА

Тицкий И.А.¹

¹студент кафедры электроэнергетики и электротехники
Физико-технического института КФУ

научный руководитель: к.т.н., доцент Муровский С.П.

Tickiy98@bk.ru

Введение. В современном мире важнейшую роль в энергопотреблении как с точки зрения экономической, так и технической, играет модернизация системы электроснабжения в связи с износом оборудования и его моральным устареванием. Современное оборудование обладает рядом преимуществ перед оборудованием прошлых десятилетий: повышенной надежностью, расширенным функционалом, компактностью и, самое главное, сниженным в разы, а то и в десятки раз, энергопотреблением. Именно поэтому применение нового оборудования снижает затраты материальных средств на обслуживание и содержание того самого оборудования.

Цель работы – разработать план модернизации системы электроснабжения водно-развлекательного центра.

Задачи: проанализировать работу существующей системы электроснабжения водно-развлекательного центра и выявить оборудование, которое требует замены и может быть заменено.

В Крыму вопрос экономии электроэнергии актуален ещё и тем, что полуостров в 2014 году вошёл в состав Российской Федерации, был отключен от энергосистемы Украины и с тех пор находится в условиях энергетического «голода». Даже после запуска Балаклавской и Таврической ТЭС (470 МВт каждая) весной 2019 года энергии в пике потребления не хватает. Поэтому такой энергоёмкий объект, как водно-развлекательный центр, не может обойтись без модернизации системы электроснабжения.

Система электроснабжения водно-развлекательного центра представляет собой комплекс электрического оборудования, распределяющего электрическую энергию на отдельные типы нагрузок, и преобразующего эту энергию в другие виды для обеспечения функционирования объектов водно-развлекательного комплекса в заданном режиме.

Модернизация системы электроснабжения заключается в замене существующего оборудования новым, имеющим сниженное энергопотребление при таких же, или улучшенных характеристиках работы.

Первоочередной задачей является модернизация силового оборудования. Максимальное снижение потребляемой энергии возможно при применении тепловых насосов вместо традиционных нагревательных элементов, используемых для поддержания температуры воды в бассейнах на требуемом уровне. Тепловой насос имеет установленную мощность в 5 раз меньше мощности нагревательного элемента и, в то же время, нагревает заданный объём воды до необходимой температуры. Далее необходимо произвести замену двигателей циркуляционных насосов и самих насосов, обеспечивающих подачу воды на отдельные объекты водно-развлекательного центра – бассейны, водные горки, санузлы. Помимо этого, требует замены устаревшее бытовое оборудование. Таким оборудованием посетители и персонал пользуются ежедневно в длительных или повторно-кратковременных режимах, что приводит к регулярному перегреву – ухудшаются изоляционные и электрические свойства оборудования, увеличиваются потери электроэнергии, и механическому износу. Кроме того, бытовое оборудование имеет свойство быстрого морального устаревания. Его замена современным оборудованием приведёт к снижению потребляемой электроэнергии при сохранении эксплуатационных характеристик.

Модернизацию силового оборудования необходимо производить постепенно, так как она требует большого количества материальных средств и связана с конструктивно-принципиальными изменениями.

Во вторую очередь необходимо произвести усовершенствование системы освещения. Светодиодные лампы на сегодняшний день обладают мощностью в 8-10 раз меньшей, чем лампы накаливания, и в 5 раз меньшей мощности газоразрядных ламп. Кроме того, средний номинальный срок службы светодиодных ламп составляет 30-50 тысяч часов, тогда как для ламп накаливания он лежит в пределах 800-1000 часов. Нам также не нужно менять светильники для установки светодиодных ламп, так как они имеют такой же цоколь, как и другие виды ламп.

Таким образом, модернизация системы освещения является наиболее просто и быстро реализуемой и не требует существенного количества затрат при существенном снижении энергопотребления.

Выводы: разработан план модернизации системы электроснабжения водно-развлекательного центра. На начальном этапе производится замена освещения. В связи с этим, в процессе работы система освещения потребляет в разы меньшее количество энергии, что приводит к экономии денежных средств. На сэкономленные средства производится постепенная замена и улучшение силового и бытового оборудования. В результате получаем модернизированную систему электроснабжения с улучшенными эксплуатационными характеристиками при минимальных затратах материальных средств.

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ КАЧЕСТВЕННОЙ И ДОСТУПНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТОРГОВЫХ ЦЕНТРОВ

Фирсов Р.А.¹

¹студент кафедры электроэнергетики и электротехники

Физико-технического института КФУ

научный руководитель: к.т.н., доцент Муровский С.П.

firsov.roma 201@yandex.ua

Введение. В современном мире уже не осталось ни одной сферы жизнедеятельности человека, которая не была бы упрощена современными технологиями. Человек не может отказаться от прогресса. В связи с этим за последние 50 лет потребность человечества в энергоснабжении возросла колоссально. Сегодня нет ни одного производственного, общественного, административного объекта, которое не нуждается в современном и качественном энергообеспечении.

Крым в настоящее время находится в затруднительном положении: количество потребляемой электроэнергии в нем значительно превышает производимую. По советским планам развития энергетики Крым должен был полностью обеспечивать себя электроэнергией за счёт собственной АЭС. Но после Чернобыльской аварии было принято решение отказаться от завершения строительства Крымской АЭС, несмотря на то, что готовность первого блока составляла 90%. Кроме того, в связи с быстрым развитием технологий, в Крыму остается много сильно устаревших по энергоэкономическим параметрам зданий и сооружений, производственных циклов, которые потребляют электроэнергии много больше, чем могли бы потреблять, будучи оснащены современным технологическим оборудованием.

Самыми крупными энергопотребителями являются жилые районы, общественные, производственные и сельскохозяйственные объекты.

Цель работы - на примере типичного торгового центра рассмотреть возможные направления экономии электрической энергии, путем замены устаревших энергопотребителей в торговом центре на новые современные и экономичные.

Электрооборудование торгового центра можно разделить на несколько видов: светотехническое оборудование, отопительное оборудование, холодильное оборудование, вентиляционное оборудование, силовое оборудование и торгово-производственное оборудование.

Освещение. Из сопоставления параметров определено, что одну лампу накаливания мощностью 100 Вт можно заменить светодиодной лампой мощностью 11-15 Вт. При этом мы выполним все необходимые санитарные нормы по освещенности помещений. Таким образом, заменив лампы накаливания на светодиодные, мы сэкономим до 88% электроэнергии, расходуемой на освещение. Кроме того современные технологии позволяют реализовывать эксклюзивные дизайнерские решения, отличающиеся увеличением продолжительности освещения помещений естественным светом без расхода электроэнергии.

Отопительное оборудование. Для циркуляции воды в системе водяного отопления применяют различные насосы. На рынке оборудования широко представлены современные насосы с электронной регулировкой частоты привода. Такая опция позволяет существенно снизить электропотребление агрегатов (до 40%) и оптимизировать в целом работу системы отопления.

Холодильное оборудование. В условиях постоянно растущих тарифов на электроэнергию, руководителям предприятий торговли следует гораздо эффективней относиться к эксплуатации торгового холодильного оборудования, где одной из наиболее затратных статей является потребление электроэнергии.

Снизить электропотребление холодильного оборудования можно различными способами:

- использование экономичных высококачественных компрессоров;
- микропроцессорного управления на основе контроллера, которое обеспечивает оптимальную работу холодильного агрегата и процесса оттайки (размораживания), за счет более качественных характеристик и широких возможностей настройки. На основании испытаний, проведенных изготовителями подобного оборудования, определено, что у установок с электронной системой регулирования, уровень потребленной электроэнергии на 15-20% ниже, чем у устаревшего холодильного оборудования;
- установкой люминесцентных и светодиодных ламп в качестве подсветки, которые не дают дополнительных теплопритоков и не потребляют много электроэнергии;

Ситуация с торгово-производственным и силовым оборудованием аналогична. В наше время постоянно разрабатывают все более усовершенствованные методы экономии электропотребления оборудованием. Кроме того довольно эффективно можно использовать альтернативные источники энергии в том же самом кондиционировании (абсорбционные машины и холодонакопительные системы с использованием льда, намораживаемого ночью), холодильном оборудовании (подача наружного холодного воздуха непосредственно в морозильники) и теплоэнергетике (теплоаккумуляторы).

Выводы: Учитывая рассмотренные направления энергосбережения в торговых центрах становится ясно, что Крым нуждается в модернизации множества подобных объектов. С учетом скорости развития технологий вопрос модернизации оборудования становится актуальным каждые 10 лет.

ПРОЕКТ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЕДИНИЧНОГО МОДУЛЯ КОТТЕДЖНОГО ПОСЕЛКА ДЛЯ УСЛОВИЙ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА

Шевченко Н.С. ¹

¹ студент магистратуры кафедры электроэнергетики и электротехники Физико-технического института КФУ

научный руководитель: канд.техн.наук, доцент Муровская А.С.

frilon@list.ru

Введение. По состоянию на сегодняшний день мощность энергетической системы Крымского региона значительно увеличена, однако состояние распределительных линий электропередач имеет значительный морально-технический износ. Так как Крымский регион является курортно-рекреационной территорией, в летний период наблюдается значительный прирост населения за счет приезда отдыхающих, следовательно, резко возрастает потребление электрической энергии из сети, из-за чего могут возникать аварийные ситуации и временное отключение электропитания объектов. Для выхода из сложившейся ситуации необходимо разрабатывать и проектировать объекты курортного сектора для приема отдыхающих с минимальным потреблением электроэнергии от централизованной сети энергоснабжения или полностью автономным энергоснабжением с применением оборудования на базе возобновляемых источников энергии.

Цели и задачи исследований – разработка проекта системы электроснабжения единичного модуля коттеджного поселка с применением современного электрического оборудования и системы аккумулирования электрической энергии.

Проанализирована ситуация энергоснабжения Крымского региона и выявлена нестабильность работы сетей распределения электрической энергии из-за значительного морально-технического износа. Определена необходимость развития и прогрессирования энергетического сектора.

Определена перспектива использования объектов возобновляемой энергетики с учетом географических и климатических характеристик полуострова.

Разработан проект глэмпинга – как новый вид экотуризма. Актуальная и не раскрытая на территории полуострова сфера деятельности. Низкие инвестиционные вложения в данный бизнес, высокая рентабельность. Экологически чистые материалы, вариативность размещения проекта, вариативность реализации проекта – как одни из составляющих факторов.

В качестве объекта по разработке системы электроснабжения единичного модуля коттеджного поселка было выбрано 18 однотипных коттеджных зданий, объединенных в единый модуль, расположенные на первой береговой линии Западного побережья Черного моря вдоль Симферопольского шоссе.

Результаты исследований. Выбрано энергоэффективное оборудование для единичного модуля коттеджного поселка: освещение с применением высокоэффективных светодиодных осветительных приборов; дизель-генератор как резервный источник электропитания; сплит-система на обогрев/охлаждение помещений разрабатываемого объекта; расчет и подбор аккумуляторов для обеспечения двухдневного резерва запаса электрической энергии при отсутствии электроснабжения из сети. Рассчитаны необходимые параметры заземления для единичного модуля коттеджного поселка.

Принципиальная электрическая схема (ЭС) приведена на рис. 1.

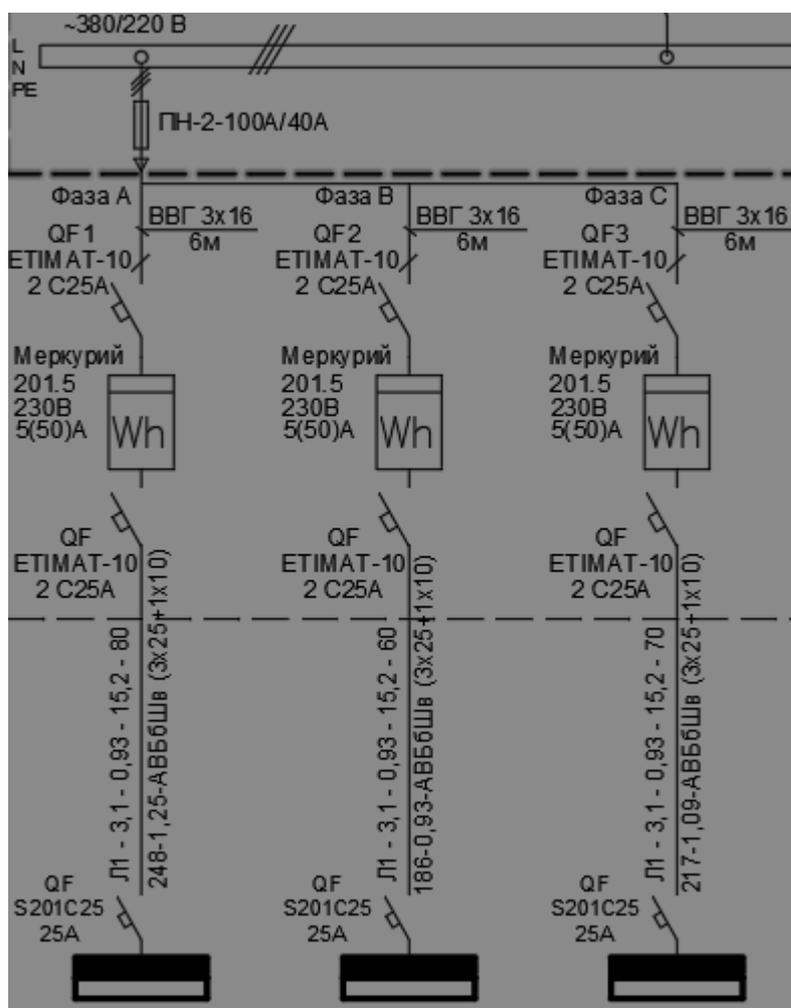


Рис. 1. Принципиальная однолинейная схема системы электроснабжения

Рассчитана система горячего водоснабжения единичного модуля коттеджного поселка с установкой трех плоских солнечных коллекторов фирмы «Amco» на кровлю модуля. Исходя из требуемого объема нагреваемой воды выбран бак-аккумулятор марки РТ2-304/600 фирмы «Ecorplus» (Россия) объемом 0,6 м³.

Выводы. Реализуемый проект по установке системы электроснабжения единичного модуля коттеджного поселка для условий западного побережья Крыма, для которого будет реализована минимальная зависимость от централизованных источников энергии, а так же применены возобновляемые источники энергии, даст возможность повышения рентабельности строительства и уменьшения срока окупаемости объектов данного типа и будет способствовать снижению потребления электрической энергии из сети и экономии органического топлива, что является актуальным аспектом при реализации государственной программы Крымского региона, направленной на энергосбережение.

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПОДСТАНЦИИ 110 кВ «ЗИМИНО»

Шевчук И.А.

*студентка кафедры электроэнергетики и электротехники Физико-технического
института КФУ*

научный руководитель: к. т.н., доцент Тынчерова Э.Л.

irusik97@mail.ru

Введение. До 2014 года в энергетике Крыма суммарная мощность генерирующих станций Крыма составляла 182 МВт при потребляемой мощности в утреннее время – 1100 МВт, в вечернее – 900 МВт. Покрытие дефицита осуществлялось за счет транзита электроэнергии с материковой части Украины. В 2017 году в энергосистеме Крыма были введены в эксплуатацию первые очереди Таврической (240 МВт) и Балаклавской (240 МВт) ПГУ-ТЭС. К концу 2018 года энергетика Крыма характеризовалась полным вводом в работу обеих очередей Таврической и Балаклавской (общей установленной мощностью 940 МВт) и вводом в работу расширенной Сакской ТЭЦ, мощностью 120 МВт.

С вводом в работу новых мощностей в энергосистеме Крыма изменилась конфигурация основной сети 110/220/330 кВ, а значит, изменился и уровень токов короткого замыкания на подстанциях. В этих условиях актуальной является задача пересмотра уставок РЗА на целом ряде подстанций энергосистемы Крыма в том числе и ПС 110 кВ «Зимино», установленной в Северо-западном регионе полуострова.

Цель работы – анализ функционирования устройств релейной защиты трансформаторной подстанции 110 кВ «Зимино» в условиях изменения структуры генерирующих мощностей в энергосистеме Крыма и модернизация устройств релейной защиты на подстанции в случае, если установленные устройства РЗА не будут удовлетворять требованиям ПУЭ во вновь сложившихся условиях работы подстанции.

Задача: провести расчеты по анализу функционирования устройств релейной защиты подстанции «Зимино» на предмет обеспечения чувствительности в условиях новых режимов работы энергосистемы Крыма.

До реконструкции подстанции (ПС), устройства РЗА силовых трансформаторов (ТР) ПС «Зимино» были выполнены на реле РНТ-565. Выбор уставок данного реле в новых условиях функционирования ПС, то есть дополнительный ввод в работу 240 МВт Балаклавской ТЭС и 240 МВт Таврической ТЭС, показал невозможность обеспечения чувствительности дифференциальной защиты ТР на реле РНТ-565. Далее в работе был проведен расчет уставок релейной защиты на реле ДЗТ-11. В отличие от РНТ-565 ДЗТ-11 имеет тормозную обмотку. Наличие тормозной обмотки позволило сделать уставку более чувствительной. Проведенные расчеты показали, что для эффективной работы устройств РЗА на ПС необходимо было заменить реле РНТ-565 на реле ДЗТ-11.

При полном вводе в работу новых мощностей в энергосистеме Крыма изменился уровень токов короткого замыкания и потребовалось изменение конфигурации сети для оптимизации потокораспределения. При этом, в части ПС 110 кВ «Зимино» проектом реконструкции ПС предусматривалась установка ШСВ-110 кВ и трансформаторных выключателей 110 кВ с демонтажем отделителей и короткозамыкателей. Такая реконструкция нормальной схемы ПС позволит увеличить надежность электроснабжения потребителей ПС и оптимизировать токораспределение в сети.

После установки 100% мощности всех станций ТЭС и изменений в конфигурации сети 110 кВ резко изменились условия минимального и максимального режимов. В частности, минимальные режимы стали таковы, что реле ДЗТ-11 стало характеризоваться сниженной чувствительностью. В данных условиях было решено модернизировать устройства РЗА ПС «Зимино» с установкой микропроцессорной защиты ТРОР 300 ДЗТ 51Х.

Результаты исследований. В работе был изучен и осуществлен выбор уставок, алгоритм функционирования логической схемы ТОР 300 ДЗТ 51Х. Особенностью подключения реле является то, что ТР тока со всех сторон ТР подключаются по схеме «звезда». Компенсация фазового сдвига между токами разных сторон ТР осуществляется математически. Реле ТОР 300 имеет тормозную характеристику (рисунок 1).

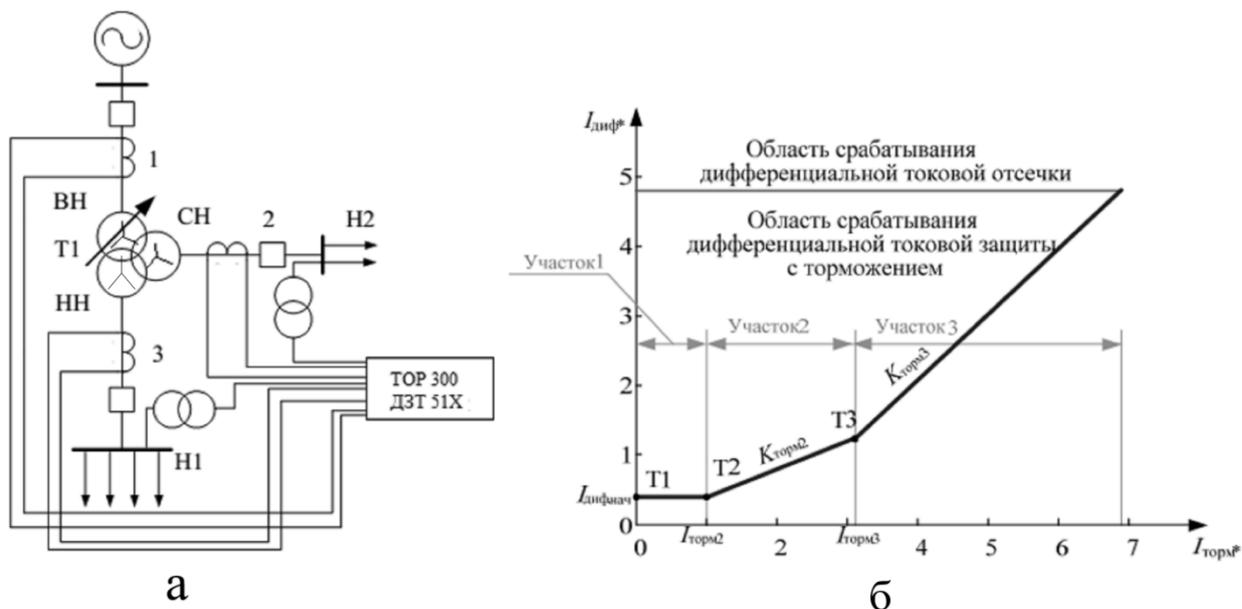


Рис. 1 Принципиальная схема подключения и характеристика торможения реле ТОР 300 ДЗТ 51Х:

а – схема подключения, б – тормозная характеристика.

Минимальная уставка дифференциальной защиты на реле ТОР 300 составляет 0,3 номинала. Для сравнения – минимальная уставка на реле ДЗТ-11 = 1,5 номинала. Возможность резкого снижения уставки срабатывания реле состоит в том, что микропроцессорная защита контролирует весь спектр гармонических составляющих в токах КЗ.

Практикой установлено, что если в токе уровень второй гармоники больше 14% от основной гармоники, то это является условием броска тока намагничивания, который имеет место при включении ТР. Если уровень пятой гармоники больше 25%, то это свидетельствует о режиме перенапряжения ТР. Режим включения ТР под напряжение и режим перенапряжения, относящихся к рабочим режимам ТР и дифференциальная защита ТР действовать не должны. Так же в практике доказано, что несрабатывание реле ДЗТ-11 на бросок тока намагничивания и режим перенапряжения ТР гарантируется при уставке реле не ниже 1,5 номинала. В то время, как ТОР 300 может обеспечивать чувствительность защиты ко всем режимам сети. Большим преимуществом микропроцессорной защиты, по сравнению с электромеханикой, является ее функциональность.

Выводы. В ходе работы были выполнены расчеты уставок защит ТР в рамках проекта присоединения к электрическим сетям ПС «Зимино» новых генерирующих мощностей СЭС 25 МВт и модернизации релейной защиты трансформаторов ПС «Зимино».

А также решено, что микропроцессорная защита позволит повысить чувствительность дифференциальной защиты трансформатора, уменьшить время на наладку защиты, её проверку и ревизию, а также взаимное резервирование функций защиты. Поэтому, при модернизации, устройства РЗА заменяются на микропроцессорные реле, так как они более функциональные, надежные и чувствительные.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ КРЫМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Шубин В.С.¹

¹ магистрант кафедры электроэнергетики и электротехники
Физико-технического института КФУ
научный руководитель: к.т.н., доцент Муровский С.П.

Целью работы является разработка проекта комбинированной системы энергоснабжения промышленного объекта с применением современного энергетического оборудования и новейших энергосберегающих технологий.

В соответствии с целью были решены следующие задачи:

- проанализировано состояние энергоснабжения промышленного объекта;
- определены основные направления по реализации энергосберегающих технологий;
- разработан проект по внедрению новейших энергосберегающих технологий, а также оборудования на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), с учетом географических и климатических характеристик района размещения объекта, позволяющие значительно снизить потребление традиционных энергоносителей.

Реконструкция очистных сооружений и установка на них тепловых насосов (ТН) поможет решить сразу две проблемы Крымского региона: экологическую и энергетическую. Установка ТН на отводящих трубопроводах очистных сооружений позволит использовать избыточную тепловую энергию воды путем генерации тепла на собственные нужды.

Для разработки данного проекта был выбран существующий объект очистных сооружений (КОС) в Сакском районе Республики Крым. Так как ТН имеют ограничения по температурному режиму, важно, чтобы температура окружающего воздуха не была слишком низкой. Исходя из данных многолетних метеонаблюдений, самая низкая средняя температура года составляет (-)0,1С°, а самая высокая средняя температура года +23,2 С°.

До реконструкции в котельной было установлено нагревательное оборудование для обеспечения тепловой мощности 800 кВт суммарным потреблением электрической мощности 5280 кВт·ч, поэтому при модернизации необходимо подобрать ТН, которые обеспечат данную тепловую мощность при меньших затратах электрической энергии. Учитывая требования нормативных документов по проектированию подобных объектов, выбираем тепловой насос типа TMEGHP-80M, при его технических показателях он является оптимальным для нужд данного объекта.

Для обеспечения потребности котельной в тепловой мощности понадобится десять ТН, два из которых находятся в резерве, суммарная потребляемая электрическая мощность составит 370 кВт, а суммарная выдаваемая тепловая мощность обеспечит необходимые 800 кВт (рис. 1). С учетом дополнительных систем, необходимых для работы ТН, а также коэффициента спроса, реальная потребляемая мощность оборудования составит 3337,4 кВт·ч. Исходя из этого суммарное потребление оборудования на 1942,6 кВт·ч меньше, чем потребляло устаревшее оборудование котельной, при одинаковой выдаваемой тепловой мощности в 800 кВт.

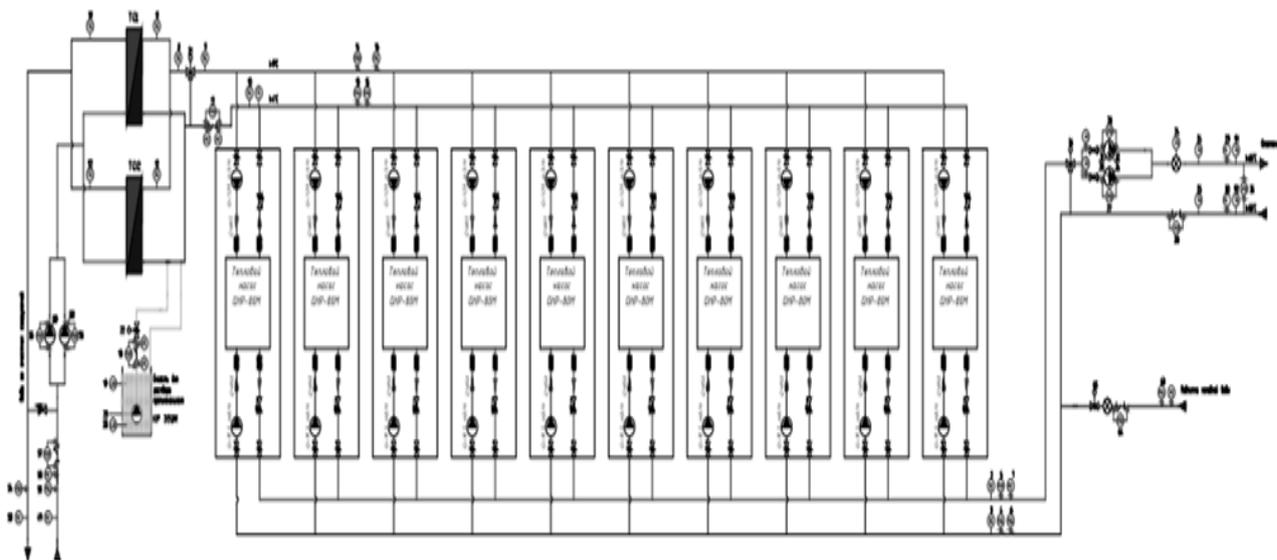


Рис. 1. Схемное решение по включению ТН в систему энергоснабжения предприятия

Выводы:

Рассмотрена возможность замены устаревшего энергозатратного нагревательного оборудования в котельной на более экономичные ТН с целью экономии потребления электрической энергии предприятием, но без изменения тепловой мощности системы технологического цикла.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В. И. ВЕРНАДСКОГО»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ

V научно-практической конференции
профессорско-преподавательского состава,
аспирантов, студентов и молодых ученых

«ДНИ НАУКИ КФУ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО»

(наименование структурного подразделения/филиала)

СЕКЦИЯ: «РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»

г. Симферополь 2019 год

V научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» / Сборник тезисов участников/ Секция «Радиофизика и электроника» // Симферополь, 2019

В сборник включены доклады участников V научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского», отражающие достижения научных и практических изысканий в сфере естественных, гуманитарных, технических наук и информационных технологий.

Работы публикуются в редакции авторов. Ответственность за достоверность фактов, цитат, собственных имен и других сведений несут авторы.

СЕКЦИЯ «РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА»

(наименование секции)

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Чуйков С.А.

студент кафедры электроэнергетики и электротехники Физико-технического института КФУ

научный руководитель: к.т.н., доцент Воскресенская С.Н.

sergo.chuykov@mail.ru

Введение. В современной промышленности при необходимости нагрева, какого либо материала все чаще и чаще используются электротермические установки. В связи с этим возникает вопрос об их более экономичной эксплуатации. Так как токи, протекающие при электротермических процессах, достаточно велики, необходимо использовать различные способы регулирования для более экономичной эксплуатации электротермических установок и управления технологическим процессом. Одним из способов регулирования является ступенчатое регулирования. В данной работе будет рассмотрено ступенчатое регулирование при различной продолжительности включения.

Цель работы – проанализировать имеющуюся печь с номинальной мощностью 1133 Вт при различной продолжительности включения. **Задачей** исследования является получение временных диаграмм при следующих условиях:

- при холодной футеровке включение и отключение производится с интервалом 1 минута поочередно, показания снимаются в течение 20 минут с периодичностью 1 раз в 10 секунд;
- при нагретой футеровке включение и отключение производится с интервалом 1 минута поочередно, показания снимаются в течение 20 минут с периодичностью 1 раз в 10 секунд;
- при нагретой футеровке продолжительность включения 1 минута, продолжительность паузы 30 секунд. Показания снимаются в течение 20 минут 30 секунд с периодичностью 1 раз в 10 секунд;

Результаты исследования. Результатом исследования являются три графика, соответствующие трем проводимым опытам. На рисунке 1 представлен график для первого опыта.

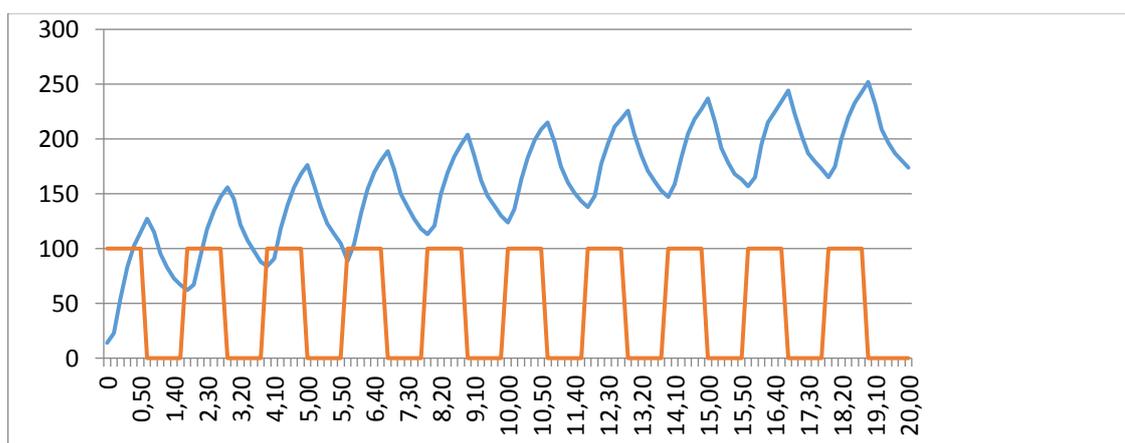


Рисунок 1. График исследования температуры при холодной футеровке и продолжительности включения 50%

Из рисунка 1 видно, что при включении печи на 100 % мощности она нагревается достаточно медленно и наибольшая ее температура составляет 252 градуса. Так же печь быстро остывает.

Из рисунка 2 видно, что максимальная температура печи возросла до 327 градусов, однако при такой продолжительности включения температура печи при отключении питания значительно падает. Это понижение температуры крайне негативно повлияет на технологический процесс или на качество изготавливаемой детали в целом.

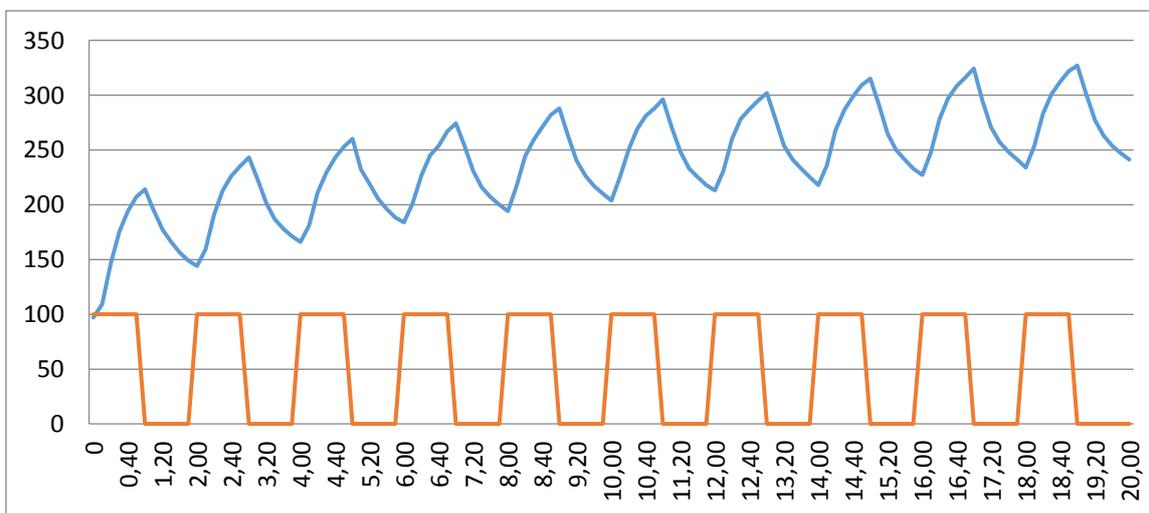


Рисунок 2. График исследования температуры при нагретой футеровке и продолжительности включения 50%

На рисунке 3 представлен график печи с разогретой футеровкой и продолжительность включения 66,7%.

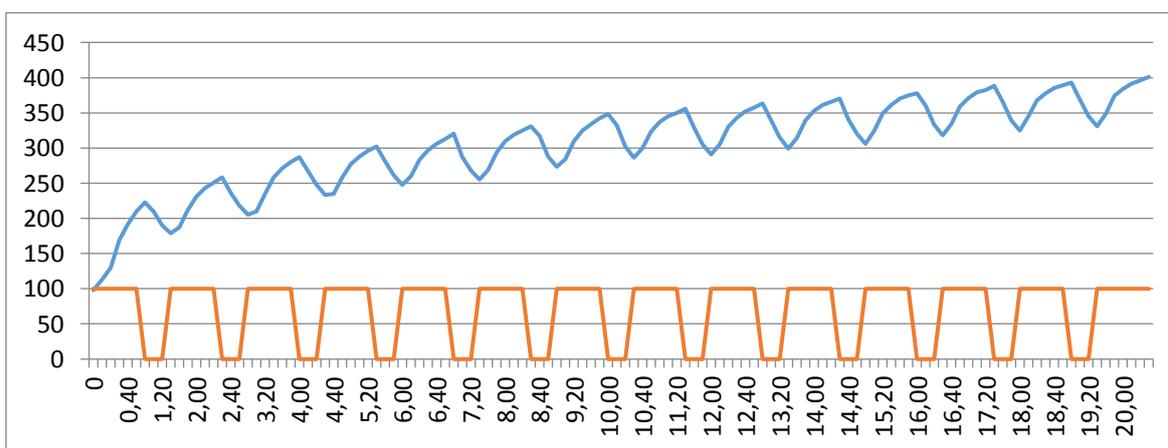


Рисунок 3. График исследования температуры при нагретой футеровке и продолжительности включения 66,7%

Из рисунка 3 видно, что максимальная температура составляет 401 градус, а провалы в температуре при выключении печи не велики. Такой способ регулирования температуры печи является наиболее выгодным из рассмотренных.

Вывод. В ходе проводимого исследования был проведен анализ регулирования температуры печи в зависимости от продолжительности включения. Опыты показали, что при более высокой продолжительности включения, была достигнута более высокая максимальная

температура, но она также значительно понижалась за время пауз по сравнению со случаем при уменьшении времени работы в два раза.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ СВЧ ПОЛЕЙ НА ЗЛАКИ

Полетаев Д.А.¹, Шадрин А.А.¹, Соколенко Б.В.², Нудьга А.А.¹, Старосек А.В.³

¹доцент кафедры радиофизики и электроники Физико-технического института КФУ

²доцент кафедры общей физики Физико-технического института КФУ

³ассистент кафедры радиофизики и электроники Физико-технического института КФУ
poletaevda@cfuv.ru

Введение. Злаковые культуры широко применяются агропромышленными комплексами современных стран. Повышение их урожайности без применения дополнительных химических удобрений и сохранения существующего режима орошения является актуальнейшей задачей. Однако прямые методы измерения урожайности весьма длительны. Гораздо экспресснее являются эксперименты по измерению всхожести и энергии роста злаковых культур, непосредственно связанные с их урожайностью.

В работе В.В. Старостенко «Воздействие мощных импульсных полей на биологические объекты и среды» рассматриваются механизмы воздействия СВЧ электромагнитных полей на биологические объекты. Среди них выделяют: тепловой, резонансный и полевой механизмы. Воздействие может быть как полезное, так и наоборот. Целесообразно определить длину волны и интервал времени воздействия СВЧ полей на злаковые культуры, с целью повышения урожайности.

Целью работы является предложение критерия определения оптимальной длины волны СВЧ излучения, воздействующей на злаковые культуры, и интервала времени такого воздействия.

Для проведения эксперимента зерна подготавливались к посеву. Эта операция включала отбор образцов без видимых повреждений и их дезинфекцию раствором марганцовокислого калия 1 % в течении 10 минут. Эксперименты по воздействию СВЧ электромагнитных полей на злаковую культуру проводился в двух диапазонах частот: 2,0 ГГц – 4,0 ГГц и 37,5 ГГц – 50 ГГц. Мощность клистронного генератора СВЧ в обоих случаях не превышала 10 мВт.

В диапазоне частот 2,0 ГГц – 4,0 ГГц порция из 100 подготовленных зерен, в случайной ориентации, размещалась в секции, равномерно заполняя сечение прямоугольного волновода. Затем выбиралась частота электромагнитной волны с минимумом КСВН для конкретной порции злаковой культуры. Такая частота соответствует наибольшему поглощению электромагнитной энергии в облучаемом объекте. Затем проводилось воздействие электромагнитной волной с этой частотой на зерна, длительность воздействия при этом менялась.

В диапазоне частот 37,5 ГГц – 50 ГГц порция из 20 подготовленных зерен равномерно размещалась в секции, находящейся у раскрыва прямоугольного волновода, как рупора (С.А. Balanis «Antenna theory: analysis and design»). Зерна при этом ориентировались таким образом, чтобы условная линия, проведенная по длине зерна оказывалась параллельно меньшей стороне волновода. Размещение указанной злаковой культуры внутри волновода в данном частотном диапазоне затруднено, вследствие его компактных размеров. Затем, исходя из сопоставления линейной длины зародыша зерна выбиралась частота электромагнитной волны. Линейная длина волны определялась в ходе микроскопических исследований конкретной злаковой культуры. Для этого каждое зерно из 10 подготовленных зерен разрезалось и под микроскопом измерялась длина зародыша и его ориентация, относительно

оболочки. Затем данные о длине зародыша и его ориентации усреднялись. При этом длина электромагнитной волны выбиралась таким образом, чтобы ее четверть равнялась линейной длине длины зародыша зерна, что соответствует оптимальному согласованию приемной антенны. Затем проводилось воздействие электромагнитной волной с этой частотой на зерна, длительность воздействия при этом менялась.

Измеряемыми параметрами злаковой культуры являлись: всхожесть и энергия прорастания. Энергия прорастания находилась как процент проросших семян на 3 сутки после посева. Всхожесть рассчитывалась как процент семян, имеющих корешок не менее длины семени и росток не менее половины длины семени.

Результаты исследований. На рис. 1, а представлены данные об энергии прорастания и всхожести ячменя при облучении на частоте 3,509 ГГц, соответствующей минимуму КСВН, с разной длительностью: 0 с, 60 с, 300 с и 900 с. В данном диапазоне, скорее всего, превалирует резонансный механизм воздействия, поскольку наблюдается рост энергии прорастания и всхожести при небольших значениях мощности электромагнитной волны. По всей видимости, локальное нагревание зерен электромагнитной волной приводит к активизации обменных процессов и ускорению темпов роста зерен. Большой промежуток времени воздействия СВЧ поля приводит к повышению энергии прорастания и всхожести. Однако требуется проанализировать также скорость роста облученных зерен. Проведение таких экспериментов планируется дополнительно.

Усредненное значение линейной длины зародыша зерна равна 2 мм, что соответствует частоте 37,5 ГГц. На рис. 1, б представлены данные об энергии прорастания и всхожести ячменя при облучении на частоте 37,5 ГГц с разной длительностью: 0 с, 60 с, 300 с и 900 с. В диапазоне частот 37,5 ГГц – 50 ГГц превалирует резонансный механизм воздействия электромагнитных полей на биологические объекты. Действительно, соответствие линейных размеров зародышей зерен четверти длины волны падающего излучения позволяет рассматривать данные объекты как согласованные антенны СВЧ излучения. По всей видимости, локальное нагревание зародышей зерен электромагнитной волной приводит к активизации обменных процессов и ускорению темпов роста. Большой промежуток времени воздействия СВЧ поля приводит к повышению энергии прорастания и всхожести. Однако требуется проанализировать также скорость роста облученных зерен. Проведение таких экспериментов планируется дополнительно.

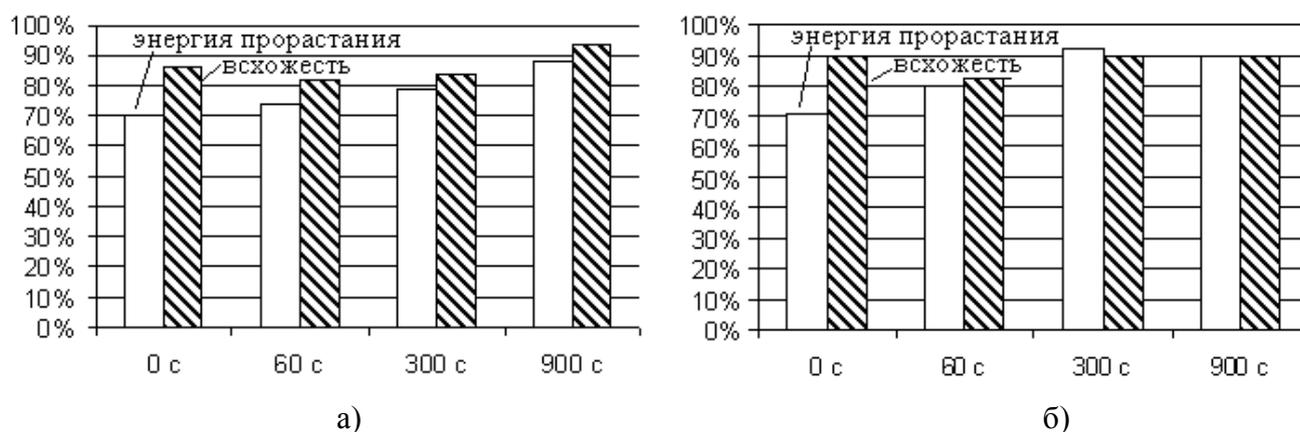


Рис. 1 Данные об энергии прорастания и всхожести злаковых культур после облучения электромагнитной волной с частотой: а) 3,509 ГГц; б) 37,5 ГГц

Выводы. В данной работе представлены результаты исследования воздействия СВЧ излучения на злаковую культуру, при котором изменяются энергия прорастания и всхожесть зерен. Представлены описания методики проведения экспериментов. В работе предложены критерии определения оптимальной длины волны СВЧ излучения, воздействующей на злаковые культуры.

ОБ ИННОВАЦИОННОЙ МЕТОДИКЕ ОРГАНИЗАЦИИ КУРСОВ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Полетаев Д.А.¹, Соколенко Б.В.²

¹доцент кафедры радиофизики и электроники Физико-технического института КФУ

²доцент кафедры общей физики Физико-технического института КФУ

poletaevda@cfuv.ru

Введение. Современные специалисты, даже после получения основного диплома о высшем образовании, продолжают осваивать новые компетенции. Необходимость постоянно совершенствовать подготовку диктуется быстрыми изменениями технологий. С другой стороны, работодатели, заинтересованные в высококвалифицированных специалистах, стимулируют повышение квалификации работниками за счет премий и надбавок. Рынок услуг дополнительного образования огромен, что подтверждает востребованность данных услуг. В работе Н.В. Гречушкиной «Онлайн-курс: определение и классификация» отмечается, что онлайн-курсы сегодня получили чрезвычайно широкое распространение. Этот метод подготовки позволяет гражданину получить дополнительное образование в удобное время, без отрыва от производства за счет применения интернет-технологий. Его недостатками является невозможность полноценного контроля за качеством подготовки и выполнения самостоятельной работы обучаемых. Очные курсы дополнительного образования содержат лекции и ряд практических работ, которые проводятся в учебных заведениях, без применения интернет-технологий. Достоинствами таких курсов является контактная работа с профессиональным преподавателем, возможность выполнения практических и лабораторных работ на современном оборудовании учебного заведения. Недостатком очных курсов дополнительного образования является необходимость набора полной группы для начала проведения курса. Целесообразно предложить инновационную методику организации таких курсов, повышающую их рентабельность.

Целью работы является предложение и анализ инновационной методики организации курсов дополнительного образования.

Согласно статистическим данным, основными поставщиками услуг дополнительного высшего образования являются вузы. Однако основным направлением деятельности высших учебных заведений является подготовка специалистов по программам бакалавриата и магистратуры. Инновационная методика организации курсов дополнительного образования предусматривает не составление новых учебных планов под курс дополнительного образования, а подбор и встраивание в программу проводящихся занятий для бакалавров и магистров. Таким образом, граждане, изъявившие желание освоить программу дополнительного образования, посещают необходимые им занятия вместе с очными (заочными) обучающимися, проходят аттестацию и получают документ о повышении квалификации. Программа курсов дополнительного образования, разумеется составляется заранее компетентными специалистами с учетом наполнения групп обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры.

Результаты исследований. Элементарная оценка предлагаемой методики показывает, что гораздо более выгодно, с точки зрения затрат ресурсов, проводить общее занятие вместо нескольких отдельных. Кроме того, инновационная методика позволяет удовлетворить запрос даже единичного потребителя, который желает освоить программу дополнительного образования.

Выводы. Предлагаемая методика может успешно применяться и масштабироваться в вузах с большим числом направлений подготовки для оптимальной комбинации различных дисциплин и составления разнообразных программ курсов дополнительного образования.

СОЦИАЛЬНАЯ СЕТЬ «УСЛУГА ЗА УСЛУГУ»

Полетаев Д.А.¹, Соколенко Б.В.², Иззетдинова А.А.³

¹доцент кафедры радиофизики и электроники Физико-технического института КФУ

²доцент кафедры общей физики Физико-технического института КФУ

³магистр кафедры управления персоналом Института экономики и управления КФУ
poletaevda@cfuv.ru

Введение. Современным людям требуются самые разнообразные услуги. Ряд специалистов занимаются техническими разработками и программированием, другие – гуманитарными исследованиями. Однако в повседневной практике людям требуется не только узкоспециализированные, но и общедоступные навыки. Однако с ростом профессионализма, гражданин все больше и больше экономит собственное время. Так, высокооплачиваемому служащему выгоднее заключить договор со специальной фирмой, которая будет заниматься решением бытовых вопросов, чем решать их самостоятельно. В работе П.П. Лутовинова, В.И. Колесникова, А.И. Рофе, Л.П. Шушарин «Рынок труда» отмечается сложность оценки труда в денежном эквиваленте. Гораздо проще сопоставлять работы по их результатам, конкурентным методом, по оценке спроса и предложения. Целесообразно предложить концепцию электронного форума по бесплатному предоставлению различных, не противоречащих закону, услуг пользователями, с адекватной оценки произведенных работ.

Целью работы является предложение и анализ концепции социальной сети «услуга за услугу», предназначенной для бесплатного обмена услуг пользователями.

Исторически сложилось, что граждане обмениваются услугами как родственники и как соседи. Однако такой рынок услуг сильно ограничен. Информационная система в глобальной сети интернета позволяет, независимо от места жительства, получать и предоставлять услуги образовательного, консультативного, методического, творческого характера онлайн. Концепция описываемой социальной сети содержит ряд категорий услуг: образовательные, практические, теоретические, бытовые, творческие и др. Этот список может дополняться. При регистрации, пользователь может указывать данные о географическом положении оказываемых им услуг и их категории, а также об услугах, которые он планирует получить. При этом услуги, предоставляемые данным пользователем становятся доступными в общем поиске для всех желающих. Пройдя регистрацию, гражданин получает доступ к поиску необходимых ему услуг и может уже в индивидуальном порядке обращаться к пользователям, которые их оказывают. Концепция предлагаемой социальной сети предусматривает также составление рейтингов услуг, согласно данных о количестве запрашивающих конкретную услугу и количестве их оказывающих. Кроме того, оказывающие услуги могут получать «розы» – своеобразные рейтинговые оценки от получающих услуги пользователей, с целью выделения их среди остальных. Кроме рекламы, монетизация такой социальной сети может осуществляться за счет статистического анализа запрашиваемых и предоставляемых услуг.

Результаты. На сегодняшний день членами студенческого конструкторского бюро Физико-технического института Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского разрабатываются алгоритмы составления рейтингов услуг, разрабатывается интерфейс.

Выводы. Предлагаемая социальная сеть не только пропагандирует гуманные принципы, но и позволяет снизить уровень инфляции за счет перехода гражданами к прямому обмену услугами.

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРС ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МОТИВАЦИИ РАБОТНИКОВ

Полетаев Д.А.¹, Соколенко Б.В.²

¹*доцент кафедры радиофизики и электроники Физико-технического института КФУ*

²*доцент кафедры общей физики Физико-технического института КФУ*

poletaevda@cfuv.ru

Введение. Чтобы зарабатывать средства, гражданам приходится много трудиться. Из-за большого количества работ, старательный труд может стать рутинным. Гражданам, как автоматам, приходится повторять похожие действия. При этом исчезает творчество, работники даже не пытаются разнообразить труд или взяться за исполнение дополнительных обязанностей. При этом, как отмечается в работе Ганиной Г.Э., Островского Ю.А., Мухина А.В. «Учет эффективности производства в системе технико-экономических показателей промышленного предприятия», качество предоставляемых услуг такими гражданами резко падает.

Существует метод мотивации работников – выплата стимулирующих средств. Однако качество предоставляемых услуг и исполнение дополнительных обязанностей гражданами весьма сложно объективно оценивать. Постоянный контроль за деятельностью работника также весьма сложен и непродуктивен. Вместе с тем, широко распространено премирование деятелей науки и искусства. Премии получают выдвинутые обществом представители соответствующих направлений, после прохождения формального отбора и оценки достижений. Однако простых методов выдвижения на премии и премирования представителей других профессий, которые мотивируют работников, трудиться старательнее, практически нет. Целесообразно предложить интернет-ресурс, где граждане могут голосовать за кандидатов на получение премии.

Целью работы является предложение и анализ концепции интернет-ресурса по выдвижению и отбору работников на получение премии, способствующий повышению их мотивации.

Концепция предполагает, что на премию работников выдвигают не руководители, а довольные услугами или обслуживанием граждане. Можно предложить структуру системы, в которой, зарегистрированным работникам, которых нашли в информационной системе по имени и фамилии потребители, выставляют определенные баллы. Но такая система несовременна и неудобна. Гораздо инновационней представляется разработка в виде мобильного приложения со сканером qr-кодов, подключенное к общему интернет-ресурсу. qr-коды конкретного работника, зарегистрированного на интернет-ресурсе, могут размещаться в непосредственной близости от него. Для водителей, это может быть кабина транспортного средства, для поваров – столовая и др. Пользователь, получив услугу, считывает данные о работнике и ставит ему оценку в онлайн системе. Итоги по этим результатам могут подводиться каждый месяц. Кроме рекламы, монетизация такого интернет-ресурса может осуществляться за счет проведения мастер-классов победителями.

Результаты. На сегодняшний день членами студенческого конструкторского бюро Физико-технического института Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского разрабатываются алгоритмы, препятствующие накрутке рейтингов отдельными пользователями.

Выводы. Предлагаемый интернет-ресурс способствует повышению мотивации работников. Это способствует повышению качества предоставляемых услуг гражданам. При этом представитель даже самой простой профессии может быть выдвинут на премию!

ЧАСТОТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ДЛЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Глизнуца Д. А.¹

студент кафедры радиофизики и электроники Физико-технического института
научный руководитель: к. ф.-м. н., доцент Полетаев Д. А.

dimaglznutsa@mail.ru

Введение. Управление работой мощных асинхронных двигателей является актуальной задачей для приведения в действия подвижных устройств, таких как электромобили, электросамокаты, квадрокоптеры т. д..

Требования к современным устройствам такого класса следующие: стабильность, компактность, работоспособность при значительных колебаниях системы, а также в широком диапазоне изменения окружающей температуры и влажности воздуха.

Целью работы разработка структурной схемы частотного преобразователя, описание принципа работы усилителя, а также разработка структурной схемы, позволяющей эффективно использовать вычислительные возможности микропроцессора и технические характеристики электрогенератора.

На Рисунке 1 приведена структурная схема преобразователя частоты.

Питание необходимо для работы устройства. Для питания микропроцессора также применяется делитель напряжения. Представляет собой аккумуляторную батарею.

Микропроцессор, управление которым осуществляется через интерфейс управления, осуществляет работу всех элементов системы. С помощью широтно-импульсной модуляции имеем возможность управлять усилителем, а также за счет обратной связи с двигателя, можно осуществить контроль выходного напряжения и обеспечить необходимую синхронизацию.

Усилитель построен на полевых транзисторах, работающих в ключевом режиме. Для трёхфазного асинхронного двигателя необходимо шесть транзисторов, которые будут обеспечить три синусоидальных сигнала, со сдвигом фаз 120 градусов.

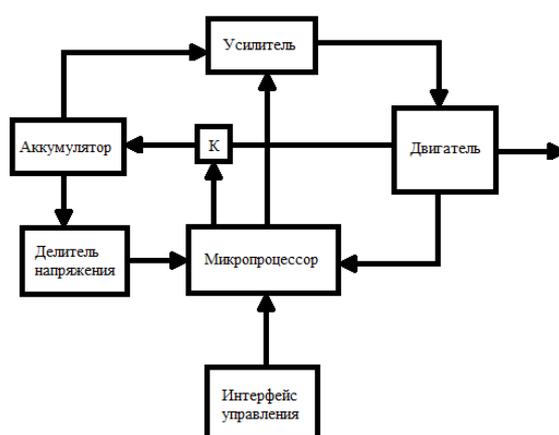


Рис. 1 Структурная схема работы преобразователя частоты

Микропроцессор, сравнивает напряжение на выходе двигателя с напряжением поступающим на его вход с усилителя. В случае, когда выходное напряжение превышает входное, микропроцессор открывает ключ К, который представляет собой транзистор работающий в ключевом режиме. Двигатель переходит в режим генератора, а, вырабатываемая в этом случае, энергия идёт на восполнение заряда батареи.

Вывод. С применением подобной схемы можно сделать реальную модель преобразователя частоты. Важной особенностью данной схемы является контроль напряжения на выходе двигателя и возможность восполнять заряд батареи в процессе эксплуатации.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В. И. ВЕРНАДСКОГО»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ

V научно-практической конференции
профессорско-преподавательского состава,
аспирантов, студентов и молодых ученых

«ДНИ НАУКИ КФУ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

(наименование структурного подразделения/филиала)

**СЕКЦИЯ: «Информационные технологии.
Компьютерные сети и системы. Большие данные.
Искусственный интеллект»**

г. Симферополь 2019 год

V научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» / Сборник тезисов участников/ Секция «Информационные технологии. Компьютерные сети и системы. Большие данные. Искусственный интеллект» // Симферополь, 2019

В сборник включены доклады участников V научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского», отражающие достижения научных и практических изысканий в сфере естественных, гуманитарных, технических наук и информационных технологий.

Работы публикуются в редакции авторов. Ответственность за достоверность фактов, цитат, собственных имен и других сведений несут авторы.

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

СЕКЦИЯ «Информационные технологии. Компьютерные сети и системы. Большие данные. Искусственный интеллект»

(наименование секции)

РЕГИОНАЛЬНАЯ НАПРАВЛЕННОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ У ВЫПУСКНИКОВ КФУ ИМ. В.И. ВЕРНАДСКОГО НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПОДХОДА К АНАЛИЗУ ДАННЫХ

Руденко М.А.

доцент кафедры компьютерной инженерии и моделирования

Физико-технического института КФУ

rudenko.ma@cfuv.ru

Введение. Большие данные и технологии их анализа уже принесли значительные изменения во многих аспектах образования. Наиболее значительным изменением, которое приносят большие данные в образование, является возможность мониторинга образовательных систем на всех уровнях. Центральное место в этом изменении занимает переход, к смешанным моделям образования на основе широкого использования цифровых технологий, которые дают большие возможности для развития и профессионального роста студента.

Цель работы – изучение и использование технологий больших данных для формирования собственных региональных образовательных контуров данных, построения экосистемы, основанной на знаниях и обеспечивающей потребности общества.

Результаты исследований. Эффективная и надежная цифровая образовательная платформа должна стать концентратором (хабом) для решения вопросов управления, интеграции, открытости и развития. Основным принципом создания цифровой образовательной платформы (ЦОП) является обеспечение основы для реализации основных функций системы образования, расширенных за счет современных технологий (рис.1), и последующая трансформация (сдвиг) системы в сторону виртуализации всех основных процессов путем генерация новых виртуальных структур, объектов и связей.

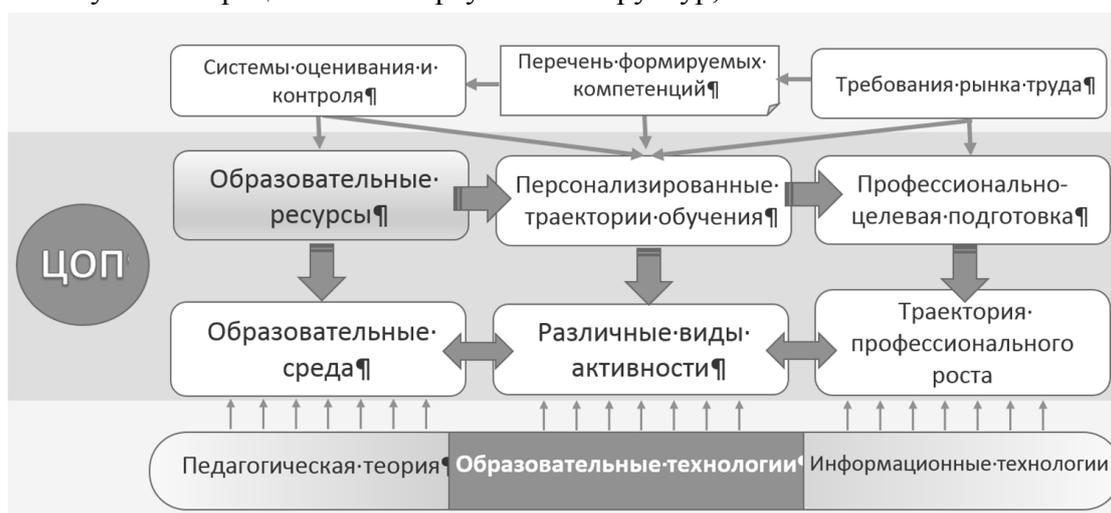


Рис. 1 Цифровая образовательная платформа университета

Цифровые технологии обучения можно разделить на три основные категории:

1. Информационные технологии, которые обеспечивают доступ к учебным материалам, общедоступным или подготовленным конкретным преподавателем. Поэтому этот поток обычно контролируется преподавателем или образовательной организацией. Вопросы интеллектуальной собственности не достаточно отрегулированы, и на данный момент, это вопрос может быть однозначно решен только в рамках открытой модели.

2. Коммуникационные и интерактивные технологии, которые расширяют возможности взаимодействия между преподавателями, студентами, руководством университета и потенциальными работодателями. Однако, такое взаимодействие сегодня носит асимметричный характер. Университет и преподаватели имеют возможность представлять и продвигать свои программы и проекты, а студенты и работодатели имеют ограниченные возможности реализации своих проектов или доступа к информации. Основной целью создание цифровой платформы университета должна стать ориентированность на студента как главного объекта в стратегии развития образования будущего. Студенты должны получить доступ к информационному пространству, в котором смогли бы развиваться, начиная со школьного возраста при выборе будущей профессии. Во время обучения в университете, изучая дополнительные дистанционные и on-line курсы выстраивая индивидуальную траекторию профессионального роста. Цифровая платформа должна стать средой взаимодействия между студентами и представителями компаний, заинтересованными в квалифицированных специалистах. Развитие инновационных практик привлечения студентов к разработке реальных проектов позволит студентам уже во время обучения реализовать свою профессиональные навыки, получить дополнительные знаний и в будущем найти свое поле деятельности. Окончание университета не должно стать точкой разрыва таких отношений. Профессиональный рост сегодня не возможен без постоянного обучения и повышения квалификационного уровня.

3. Последнее время большую популярность получили социальные программные технологии, которые поддерживают деятельность на основе группы, такие как инновационные практикумы, научно-исследовательская деятельность, принятие решений, планирование и организации различных мероприятий (конференций, семинаров и т.п.). ЦОП должна стать средой для создания различных сообществ, поиска партнеров для реализации различных проектов, увеличивая степень децентрализации и переходя к самоорганизации.

Такой подход предполагает применение архитектуры открытых систем, который представляет собой комплекс взаимосвязанных контуров, состоящий из закрытых (инкапсулированных) блоков, между которыми существуют стандартные интерфейсы обмена.

Выводы. Комплексные результаты системного анализа показателей студенческой активности позволяют сформировать индивидуальную образовательную траекторию для каждого учащегося. Новая технология на основе больших данных объединит возможности и опыт социальных сетей, передовых образовательных практик, а также инструменты и методы вычислительной техники.

Преподаватели, студенты, выпускники должны иметь доступ ко всему спектру инструментов для обучения, развития и профессионального роста. Многообразие доступных технологий экосистемы знаний будет определять траекторию экономического роста не только системы образования, но и трансформацию современного общества.

ВЕРИФИКАЦИЯ ЦИФРОВЫХ АКАДЕМИЧЕСКИХ СЕРТИФИКАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ BLOCKCHAIN

Ожегов А.Ю.

*магистрант кафедры компьютерной инженерии и моделирования
Физико-технического института КФУ*

научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры
компьютерной инженерии и моделирования Шостак Р. И.
Aleksandr.Ozhegov@kimkfu.ru

Введение. Главной идеей создания системы выпуска и сопровождения цифровых академических сертификатов с использованием технологии Blockchain является надёжная, но в то же время открытая и доступная система верификации сертификатов. Сегодня мы сталкиваемся с тем, что при необходимости верификации диплома или другого документа приходится пройти множество этапов от подачи заявки до получения ответа. Из-за бюрократических особенностей различных организаций процесс верификации может затянуться на недели, и даже месяцы. Однако, в современном мире такие задержки не только тратят время потенциальных соискателей на рабочее место, но и приводят к тому, что компании не могут оперативно набрать квалифицированный персонал. Решить эти проблемы возможно, но нужно соблюдать тонкую грань между безопасностью и доступностью.

Цель работы – выработать надёжную систему верификации цифровых академических сертификатов, позволяющую быстро верифицировать выпущенный документ.

Результаты исследований. Разрабатывая подобную систему, требуется сбалансировать обфускацию (затрудняя для неавторизованных пользователей поиск информации, к которой у них не должно быть доступа) с удобством использования, чтобы учреждения или учащиеся, имеющие не столь глубокие познания в компьютерной науке, не были лишены возможности использовать систему верификации. Это достигается путем хеширования сертификата (который содержит личную информацию) и только лишь хэш помещается в Blockchain. Если кто-либо хочет проверить действительность сертификата, им нужен человек, получивший его, чтобы предоставить сведения о сертификате или хэш сертификата в Blockchain.

Сертификат может быть верифицирован либо при помощи непосредственно самого сертификата в формате JSON, либо только по своей хеш-сумме. В первом случае общая схема верификации сертификата имеет следующий вид:

- 1) вычисляется хеш-сумма предоставленного сертификата;
- 2) вычисленный хэш помещается в систему верификации;
- 3) производится сравнение полученного хэша и хэша из Blockchain;
- 4) проверяется, не отозвал ли университет сертификат.

Если верификация осуществляется только по хеш-сумме, то первый этап опускается. Такая ситуация также возможна, если осуществляется сканирование QR кода на распечатанном сертификате. В таком случае произойдет автоматический переход на страницу верификации и в соответствующее поле будет занесено значение хеш-суммы.

Страница верификации представляет собой относительно простую веб-страницу с формой, куда можно поместить хэш сертификата. Данная страница должна находиться на одном из поддоменов университета. На данный момент рассматриваются различные варианты предоставления доступа к системе верификации. Наиболее простым вариантом организации доступа является публичная страница, но также рассматривается и вариант с предоставлением доступа по токенам, выдаваемым всем получателям сертификатов и организациям, заинтересованным в верификации академических сертификатов.

Выводы. Различные подходы к верификации имеют свои достоинства и недостатки, ввиду чего требуется более детальное рассмотрение вопроса. Несмотря на это, применение технологии Blockchain решает широкий ряд вопросов, связанных с безопасностью.

ПРИНЦИП РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЦИФРОВЫХ АКАДЕМИЧЕСКИХ СЕРТИФИКАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ BLOCKCHAIN И РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ЦИФРОВЫХ СЕРТИФИКАТОВ

Ожегов А.Ю.

магистрант кафедры компьютерной инженерии и моделирования

Физико-технического института КФУ

научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры

компьютерной инженерии и моделирования Шостак Р. И.

Aleksandr.Ozhegov@kimkfu.ru

Введение. Одним из главных этапов при разработке системы выпуска и сопровождения цифровых академических сертификатов с использованием технологии Blockchain является формулирование принципов работы разрабатываемой системы. Технология Blockchain позволяет безопасно хранить практически любую информацию, начиная от свидетельств о рождении и заканчивая кредитной историей. Хранимая информация должна быть каким-либо образом организована. Ввиду этого возникает потребность в разработке структуры данных цифровых сертификатов.

Цель работы – сформулировать принципы работы системы цифровых академических сертификатов, а также разработать структуру данных для хранения информации об академическом сертификате.

Результаты исследований. Принцип работы системы следующий: основная информация, такая как имя реципиента, данные эмитента, дата выдачи и другие данные хранятся в цифровом файле JSON, структурированном определенным образом, близким к стандарту Open Badges. Файл отправляется на сервер, где при помощи средств криптографии вычисляется его хеш-сумма, а затем добавляется к самим данным.

Криптографический хэш файла по существу представляет собой длинную строку из букв и цифр, которая может использоваться для проверки того, что никто не подделал содержимое сертификата. Существует только одна возможная комбинация букв и цифр, которые соответствуют цифровому файлу, и любое изменение в файле приведет к изменению в хеше файла.

Сами цифровые данные могут храниться на жестком диске или в мобильном приложении, откуда их можно легко получить и предоставить кому-либо или даже распечатывать на бумаге. Данные, необходимые для проверки их целостности и аутентичности, хранятся в Blockchain.

Общая архитектура системы цифровых сертификатов может быть представлена тремя основными элементами:

1. CertSchema описывает стандарт данных для цифровых сертификатов. Цифровой сертификат – это, по сути, JSON файл с необходимыми полями. Созданная схема очень близка к стандарту Open Badge.

2. CertIssuer получает сертификат JSON, вычисляет хэш сертификата и выдает непосредственно сам сертификат, добавляя транзакцию в Blockchain.

3. CertViewer используется для отображения и проверки цифровых сертификатов после их выдачи.

Цифровой академический сертификат представляет собой файл JSON, имеющий определенную структуру. Сертификат должен содержать данные: имя и фамилию реципиента, данные об эмитенте (университете), курс, за который выдан сертификат, дата и время выдачи, срок действия (на текущем этапе считается, что все сертификаты бессрочны) и ответственные

лица в количестве 3 человек (преподаватель, начальник отдела и глава образовательного учреждения). Согласно поставленным требованиям была реализована следующая структура:

```
{
  "status": "", // текущий статус сертификата
  "recipient": { // данные о получателе
    "firstName": "", // имя получателя
    "lastName": "" }, // фамилия получателя
  "issuer": { // данные об университете
    "name": "Crimean Federal University",
    "url": "http://cfuv.ru",
    "email": "cf_university@mail.ru" },
  "course": "", // название курса
  "issueDate": "", // дата выдачи
  "issueTime": "", // время выдачи
  "timeZone": "", // часовой пояс (по умолчанию UTC+3:00)
  "expires": "Never", // срок действия сертификата
  "responsiblers": { // ответственные лица
    "tutor": { // преподаватель или лицо, читавшее курс
      "firstName": "", // имя
      "lastName": "", // фамилия
      "post": "", // должность
      "dept": "", // кафедра или иное подразделение
      "structuralUnit": "", // структурное подразделение университета
      "singnature": "" } }, // подпись
    "deptHead": { // глава кафедры либо иного подразделения
      "firstName": "",
      "lastName": "",
      "post": "",
      "dept": "",
      "structuralUnit": "",
      "singnature": "" },
    "universityHead": { // глава университета
      "firstName": "",
      "lastName": "",
      "post": "",
      "dept": "",
      "structuralUnit": "",
      "singnature": "" } },
  "hashSum": "", // хеш-сумма, она же и идентификатор сертификата
  "verificationLink": "" // ссылка для верификации сертификата
}
```

Поля в подструктуре deptHead и universityHead выполняют те же функции, что и аналогичные в подструктуре tutor. Созданная структура, помимо требуемых полей, также имеет и ряд дополнительных, расширяющих сведения о той или иной сущности. Созданная структура полностью соответствует поставленным требованиям и, кроме того, может быть с легкостью расширена путем добавления новых полей, дополняющих сведения о сертификате.

Выводы. Сформулированные принципы работы системы выпуска и сопровождения цифровых академических сертификатов с использованием технологии Blockchain демонстрируют основную идею разрабатываемой системы, а именно: криптографическая надёжность подобного рода сертификатов, совмещающая в себе одновременно и полную доступность. Разработанная структура цифровых сертификатов позволяет хранить

необходимую информацию о сертификате. Данная структура может быть расширена в случае необходимости путём добавления новых полей.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЦИФРОВЫХ АКАДЕМИЧЕСКИХ СЕРТИФИКАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ BLOCKCHAIN ПРИ ПОМОЩИ ЯЗЫКА UML

Ожегов А.Ю.

магистрант кафедры компьютерной инженерии и моделирования

Физико-технического института КФУ

научный руководитель: к.т.н., доцент кафедры

компьютерной инженерии и моделирования Шостак Р. И.

Aleksandr.Ozhegov@kimkfu.ru

Введение. Первым этапом при разработке любого программного обеспечения (ПО) является его проектирование на основе поставленных требований и заданных характеристик. В качестве языка моделирования был выбран язык унифицированного моделирования UML (Unified Modeling Language). Выбор обусловлен широким распространением и удобством данного языка, а также наглядностью представления данных в форме различных диаграмм. Соблюдая все стандартизированные нотации языка UML, был создан ряд диаграмм, описывающих работу системы.

Цель работы – спроектировать систему выпуска и сопровождения цифровых академических сертификатов с использованием технологии Blockchain при помощи унифицированного языка моделирования UML.

Результаты исследований. В качестве среды моделирования выбрана среда Microsoft Visio 2010 Professional, предоставленная компанией Microsoft в рамках программы Microsoft DreamSpark. Выбор данной среды обоснован наличием полного спектра необходимых средств для выполнения поставленной задачи. Microsoft Visio позволяет построить все необходимые типы диаграмм: диаграммы использования, классов, состояний, деятельности, последовательности, кооперации, компонентов и развертывания. Далее приведено краткое описание диаграмм, разработанных в процессе проектирования системы:

1. Диаграмма использования (или же диаграмма вариантов использования, или диаграмма прецедентов) показывает отношения между актёрами (классами) и прецедентами (их функциями), что позволяет описать систему на предельно концептуальном уровне.

2. Диаграмма классов дает представление о статических структурах модели системы в терминологии классов объектно-ориентированного программирования. Диаграмма классов отражает взаимосвязи между отдельными сущностями предметной области, а также описывает их внутреннюю структуру, отношения и их типы. Диаграмма классов является избыточной, т.е. описывает всевозможные классы и функции системы, даже те, которые не были реализованы.

3. Диаграмма состояний описывает возможные последовательности состояний для определенного экземпляра класса, которые дают характеристику поведению элемента модели на протяжении его жизненного цикла. В качестве объекта выбран объект класса Сертификат.

4. Диаграмма деятельности иллюстрирует поведение системы в процессе работы. На диаграмме показан процесс создания и записи в базу данных нового сертификата.

5. В диаграмме последовательности отражена динамика взаимодействия объектов во времени с акцентом на передаваемые сообщения. Инициатором активности выступает объект класса Оператор.

6. Диаграмма кооперации специфицирует структурные аспекты взаимодействия объектов системы.

Выводы. Созданные диаграммы позволяют в полной мере оценить создаваемую систему на всех уровнях, что позволяет ещё на этапе проектирования выявить неоптимальные решения и предотвратить возможные ошибки.

Выражаем глубокую благодарность компании Microsoft за предоставленное лицензионное программное обеспечение в рамках программы Microsoft DreamSpark.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБРАТНЫМ МАЯТНИКОМ

Лукьяненко Д. В.¹, Лукьяненко В. А.²

¹обучающийся первого курса бакалавриата кафедры компьютерной инженерии и моделирования ФТИ, КФУ,

²доцент кафедры дифференциальных уравнений и геометрии, ТА, КФУ

Аннотация – Рассмотрена задача устойчивости классического обратного маятника с вибрирующим подвесом. Собрана установка и проведен эксперимент. Указана возможность построения системы стабилизации, которая базируется на моделях устойчивости при вертикальном и горизонтальном управляющих воздействиях.

Введение. Задача управления неустойчивыми объектами возникает в различных областях. Для модели в виде классического обратного маятника поставлен эксперимент по устойчивости в зависимости от характеристик маятника, частоты и амплитуды внешнего воздействия. Задача стабилизации обратного маятника находит применение при создании моделей двуногих существ (роботов, киберсистем), двухколесных транспортных средств. В процессе функционирования неустойчивых механических систем возникает износ деталей, люфт и др., что приводит к разбалансировке объекта (что и подтвердилось в ходе эксперимента). Обратные маятники используются в разных областях и конструкциях: 1) сегвей; 2) перевернутый маятник как центральный компонент в разработке сейсмографов; 3) роботы-гуманоиды; 4) система стабилизации положения ракетных установок и т.д.

Целью работы является моделирование колебаний обратного маятника и исследование его устойчивости. Для достижения цели решаются задачи: исследование способов стабилизации обратных маятников с горизонтальным и вертикальным типом управляющего воздействия (маятник на тележке и с вибрирующей точкой опоры); проведение экспериментов по выяснению зависимости массы, длины стержня и частоты колебания на лабораторном оборудовании и разработанной физической модели; выбор перспективных систем стабилизации (управления), соответствующего программного обеспечения и инструментария.

Результаты исследований. Обратный маятник – это маятник, у которого центр масс выше своей точки опоры (неустойчив). Для устойчивости необходимо точке опоры придавать соответствующее ускорение (маятник на тележке) или совершать периодические колебания (вибрация) (маятник Капицы). Уравнение движения маятника Капицы имеет вид:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g - a\omega^2 \sin \omega t}{l} \sin \theta = 0, \quad (1)$$

где θ – угол отклонения, отсчитываемый от нижнего положения равновесия; $\ddot{y} = -a\omega^2 \sin \omega t$ – ускорение точки подвеса; $U = g(-\cos \theta - 0,25\delta \sin^2 \theta)/l$ – эффективная потенциальная энергия, где $\delta = (a^2\omega^2)/(gl)$. При этом $\omega \gg (\omega_0 l)/a$, $a/l \gg 1$, где a – амплитуда колебания подвеса; ω – частота вертикальных колебаний подвеса; l – длина подвеса; ω_0 – собственная частота маятника. Положение равновесия маятника $\frac{dU}{d\theta} = 0$.

$$\sin \theta(1 + 0,5\delta \cos \theta) = 0 \quad (2)$$

Устойчивое положение равновесия $U' = 0$, $U'' = 0$: $\cos \theta + 0,5\delta \cos 2\theta > 0$, следовательно, $\theta > 0$, $\theta = \pi$. Вывод: Точка устойчивого равновесия $\theta = \pi$, если $\delta > 2$ маятник может колебаться устойчиво вокруг верхнего положения равновесия $(a^2 \omega^2)/(gl) > 2$.

В эксперименте (рис. 1) использовалась разработанная установка, состоящая из виброгенератора, генератора частоты, макета маятника, соединительных проводов. Шарнир маятника крепился в штоку виброгенератора. Варьировалась высота груза на стержне, частота, амплитуда и форма сигнала. Найдены величины указанных параметров, при которых маятник находился в устойчивом положении (груз на максимальной высоте, частота – 4, амплитуда – 10, диапазон – 10). При отклонении от найденных параметров маятник сильно раскачивался и падал.

В управлении перевернутым маятником применяют различные методы (теории контроллеров, нейронных сетей, нечеткого управления, генетических алгоритмов, классические методы оптимального управления, теории машинного обучения и др.) Задача системы управления состоит в удержании обратного маятника на тележке в вертикальном положении. Тележка ограничена линейным движением, и ее перемещение зависит от сил, приводящих в движение или препятствующих ему (рис. 2). С математической точки зрения стабилизация обратного маятника сводится к трем основным шагам: 1) если угол наклона θ смещен вправо, тележка должна ускоряться вправо и наоборот; 2) положение тележки x относительно ее центра стабилизируется путем моделирования нулевого угла (погрешность угла, которую система управления пытается привести к нулю) положением тележки; 3) обычный маятник с учетом движущейся точки поворота (например груз, перемещаемый краном) обладает пиковым откликом при частоте колебаний маятника $\omega_p = \sqrt{g/l}$. Для предотвращения бесконтрольных колебаний частотный спектр движущегося основания должен быть в пределах ω_p .



Рис. 1. Проведение эксперимента

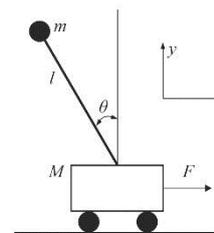


Рис. 2. Схема обратного маятника на тележке

Уравнения движения обратных маятников зависят от того, какие ограничения наложены на движение маятника. Обратные маятники могут иметь различную конфигурацию, что приводит к ряду уравнений движения, описывающих поведение маятника. В задаче управления рассматривается система нелинейных уравнений: $(M + m)\ddot{x} - ml\ddot{\theta} \cos \theta + ml\dot{\theta}^2 \sin \theta = F$, $l\ddot{\theta} - g \sin \theta = \ddot{x} \cos \theta$. Уравнения могут быть линеаризованы по $\theta \sim 0$. Задача управления исследуется с помощью платформы для разработки и сравнения алгоритмов обучения OpenAI Gym (инструмент разработки и тренировки AI-ботов). Инструмент предназначен для использования вместе с обучением и подкреплением. Так же используется бесплатный пакет SciLab, в котором содержится инструмент моделирования движения обратного маятника (рис. 3).

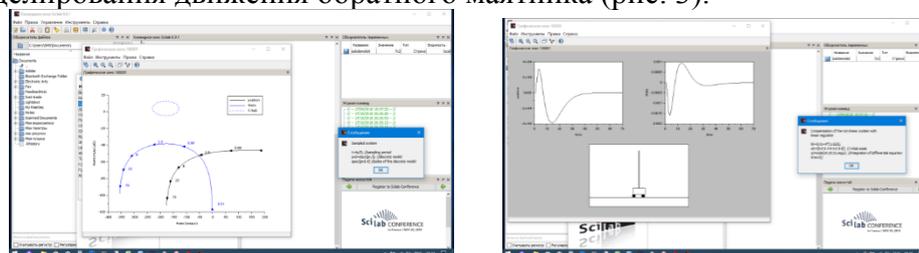


Рис. 3. Возможности использования пакета SciLab для решения задачи стабилизации обратного маятника

Заключение. Выявлено, что на устойчивость, кроме установленных параметров маятника, частоты и амплитуды колебаний, влияет симметрия шарнира, груза, люфта в шарнире (приводит к биениям и быстрой потери устойчивости). Сочетание вертикальных и горизонтальных колебаний может лежать в основе системы стабилизации устройств, содержащих обратный маятник (двузвенные маятники). Результаты работы могут использоваться в учебных целях и в коллективной проектной деятельности (программирование, робототехника).

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В. И. ВЕРНАДСКОГО»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ

V научно-практической конференции
профессорско-преподавательского состава,
аспирантов, студентов и молодых ученых

«ДНИ НАУКИ КФУ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО»

Физико-технический институт

(наименование структурного подразделения/филиала)

**СЕКЦИЯ: «Биофизика, биоинформатика и
медицинское приборостроение»**

г. Симферополь 2019 год

V научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» / Сборник тезисов участников/ Секция «Биофизика, биоинформатика и медицинское приборостроение» // Симферополь, 2019

В сборник включены доклады участников V научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского», отражающие достижения научных и практических изысканий в сфере естественных, гуманитарных, технических наук и информационных технологий.

Работы публикуются в редакции авторов. Ответственность за достоверность фактов, цитат, собственных имен и других сведений несут авторы.

СЕКЦИЯ «БИОФИЗИКА, БИОИНФОРМАТИКА И МЕДИЦИНСКОЕ
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ»

(наименование секции)

ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ БОС-ТРЕНИНГА ПО
КОЖНО-ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ С ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЕЙ НА СНИЖЕНИЕ
СТРЕСС-РЕАКЦИИ

Лускова Ю.С.^{1,2}

¹ аспирантка кафедры общей и социальной психологии Института психологии и педагогики
Тюменского государственного университета, ординатор по направлению психиатрия КФУ им.

В.И. Вернадского Медицинской академии им. С.И. Георгиевского

научный руководитель: д. б. н., профессор Григорьев П. Е.

yuliana953@yandex.ru

Введение. Стресс – это неспецифическая реакция организма на ситуацию, которая требует функциональной перестройки организма, соответствующей адаптации к данной ситуации. Как отмечается в работе О.В. Воробьёва, у лиц с низкой стрессоустойчивостью в ответ на событие, не выходящего за рамки обычного или повседневного психического стресса, а также у лиц с нормальной стрессоустойчивостью в ответ на хронически повторяющийся стресс, может развиваться болезненное состояние. Для профилактики болезненных состояний необходимо создание метода, позволяющего повышать стрессоустойчивость.

На сегодняшний день существуют методы биологически обратной связи (БОС) по кожно-гальванической реакции (КГР), позволяющие повышать стрессоустойчивость, от тренинга к тренингу снижая стресс-реакцию организма, однако особенности их действия изучены недостаточно.

Цель. Изучение вклада тренинга БОС по КГР и с электростимуляцией (ЭС) в формирование стрессоустойчивости организма. **Задачи.** 1) Определить закономерности изменения показателя МКГР (модуля кожно-гальванической реакции) в ходе сеансов тренинга. 2) Выявить возможное влияние эффекта БОС по КГР с ЭС на изменения копинг-стратегий.

В исследовании приняли участие 8 юношей и 5 девушек в возрасте от 19 до 22 лет, которые составили экспериментальную группу (ЭГ). Контрольную группу (КГ) составило 8 юношей и 6 девушек такой же возрастной категории. Все испытуемые – студенты Медицинской академии им. С. И. Георгиевского. Проверялась эффективность 10-сеансового тренинга БОС по КГР с ЭС на программно-аппаратном комплексе «Медиком МТД» по повышению стрессоустойчивости. Промежутки между сеансами в среднем составляли двое суток. Величина ЭС подбиралась индивидуально под порог чувствительности каждого испытуемого. В ходе исследования были использованы два психологических опросника: 1) Методика "Копинг-поведение в стрессовых ситуациях" (адаптированный вариант методики Н.С. Эндлера, Д.А. Паркера «Coping Inventory for Stressful Situations»); 2) методика Холмса-Раге. Первую методику испытуемые ЭГ проходили

дважды – до и после тренинга, а КГ – с тем же интервалом, но без тренинга. Вторую методику обе группы проходили единожды, для исключения неоднородности по уровню стрессовой нагрузки.

Результаты исследования. Было установлено, что наибольшие значения по МКГР характерны для этапа тренинга «итогового фон», которые составляют 0,78 (86 %), независимо от номера сессии. Наименьшие – для этапа «привыкание», составляющие 0,29 (32 %).

При распределении значений МКГР по номерам сессий на фоновых и тренинговых этапах наблюдается снижение показателя на тренинговых этапах по сравнению с фоновыми начиная с 6-й сессии. Можно предположить, что с этого количества сессий начинает формироваться навык адаптивной биорегуляции стресс-реакции.

Также были выявлены половые различия по МКГР, значения которого выше у женщин. Что может отражать их большую эмоциональную реактивность, однако динамика одинакова у представителей обоих полов.

В результатах тестирования по методике Холмса-Раге, значимых различий не выявилось, что показывает отсутствие значимых различий по изначальной стрессовой нагрузке на испытуемых и их относительно хорошей гомогенизацией (структуру возраста, пола, социального статуса).

Результаты тестирования по методике "Копинг-поведение в стрессовых ситуациях" следующие: до тренинга у ЭГ и в первое тестирование у КГ средние значения показателей копинг-стратегий не выходили за пределы нормы или доходили до пограничных значений. Изначально статистически значимые различия присутствовали в копинге «решение задачи». У испытуемых из КГ он был выше, чем в ЭГ и составлял 58 и 51 соответственно. По остальным шкалам копинга между группами различия отсутствовали. Во втором тестировании появились значимые отличия по шкалам «избегания», а также ее субшкалам «отвлечение» и «социальное отвлечение». Значения в ЭГ стали отличаться в меньшую сторону по сравнению с КГ, чего не наблюдалось в первое тестирование (ЭГ до тренинга – 40 («избегание»), 18 («отвлечение»), 13 («социальное отвлечение»); и после - 37, 16, 11 соответственно; КГ в первое тестирование – 45, 19, 16; и во второе – 46, 21, 15 соответственно). Копинг «решение задачи», являющийся продуктивным копингом, после тренинга повысился в ЭГ (до тренинга – 51, после – 53), а в КГ остался без существенных изменений (первое тестирование – 58, второе – 59). Также был выявлен сдвиг по эмоциональной реакции на стресс у КГ. Стоит предположить, что данный феномен может быть связан с социальными факторами, так как второе тестирование происходило незадолго до зачетно-экзаменационной сессии (первое тестирование – 37, второе тестирование – 45). В ЭГ было выявлено незначительное снижение копинга «эмоции», учитывая, что второе тестирование у ЭГ проходило в тот же временной период, что и у КГ (до тренинга – 40, после – 36).

Выводы. В результате исследования выявлена динамика от сеанса к сеансу по снижению КГР как в фоновых, так и тренинговых этапах, появляющаяся с шестого сеанса. Исходя из обнаруженных половых различий по значению МКГР, можно сделать вывод, что женский пол более реактивен. Учитывая полученные данные по методике тестирования на копинг-стратегии, можно предположить некую условно-рефлекторную перестройку реакции на стресс, вызывающую изменения копинг-стратегий. Данный феномен установлен впервые и требует дальнейших исследований.

Автор и научный руководитель благодарят доцента кафедры ФКС ФТИ Ислямова Р.И. и студентку специальности «Фармация» МА Штыркову Людмилу за содействие в проведении исследования.

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ РАЗВИТИЯ ДЕТЕЙ С АУТИЗМОМ НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ЭЭГ

Павленко Д.В.

студент кафедры программной инженерии и моделирования Физико-технического института КФУ

научный руководитель: к. ф.-м. н., доцент Зуев Сергей Александрович
carboneum.d@gmail.com

Введение. Одним из методов коррекции расстройств аутистического спектра (РАС) у детей, является применение тренировок биологической обратной связи по электроэнцефалограмме (БОС по ЭЭГ, нейротерапия или neurofeedback). Такие тренировки позволяют изменить ритмы ЭЭГ, имеющие аномальные свойства у детей с РАС (мю-ритм). В США в работе Э. Фридрих с соавторами «An Effective Neurofeedback Intervention to Improve Social Interactions in Children with Autism Spectrum Disorder» была описана программа для БОС, предназначенная для коррекции развития детей с РАС. Программа помогает детям обучиться частично контролировать ритмы ЭЭГ, связанные с процессами социальных взаимодействий. Мощность этих ритмов в покое становится выше, но сильнее меняется (супрессируется) при активации внимания, направленного на других людей. У ребенка улучшается эмоциональное восприятие других людей и общение с окружающими. Эта технология продемонстрировала положительный терапевтический эффект, однако имела ряд серьезных недостатков, в частности то, что программа не подходила для работы с детьми младше 10 лет.

Цель работы – создание системы проведения тренировок для коррекции развития детей с РАС возрастом от 3 до 15 лет.

Задача: разработка комплекса компьютерных программ, которые обеспечивают анализ биопотенциалов головного мозга и управление сюжетом компьютерной игры.

Методика. Принцип работы программ: при изменении амплитудно-частотных характеристик ЭЭГ ребенка, программно-аппаратным комплексом формируется соответствующий сигнал БОС. Для биологической обратной связи требуется определить выраженность особого частотного компонента ЭЭГ – мю-ритма и его соотношение с другими ритмами ЭЭГ. В зависимости от изменений параметров ритмов ЭЭГ будут поступать команды, управляющие игрой.

Результаты. Программное обеспечение доступных энцефалографов предполагает передачу данных ЭЭГ отдельных участков головного мозга по протоколу LSL. Это позволило нам разработать программу на языке C# для получения данных ЭЭГ, выделения частотных компонентов (ритмов) с применением алгоритма быстрых преобразований Фурье, определения мощности необходимых ритмов и их соотношения, передачи команд в игру. Данная программа дает возможность выбирать целевой исследуемый участок головного мозга, управляющие ритмы, объем выборки сигнала для преобразований Фурье и в реальном времени выводить результат в виде графика спектра мощности ЭЭГ. Нами был разработан тестовый вариант игры для проведения тренировок, управляемый данной программой. Он содержит простой сигнал обратной связи в виде человеческого лица, меняющего свое выражение, и поэтому может быть использован в работе даже с детьми раннего возраста.

Выводы. На данный момент разработан модуль для обработки ЭЭГ и формирования управляющего сигнала, а также программа, использующая для БОС воспроизведение видеозаписи эмоциональной реакции человека. В дальнейшем планируется оптимизировать обработку результатов и расширить набор игр для тренировок.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КРЫМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В. И. ВЕРНАДСКОГО»

СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ

V научно-практической конференции
профессорско-преподавательского состава,
аспирантов, студентов и молодых ученых

«ДНИ НАУКИ КФУ им. В.И. ВЕРНАДСКОГО»

Физико-технический институт

(наименование структурного подразделения/филиала)

**СЕКЦИЯ: «Современные образовательные
технологии. Онлайн-обучение. Машинное обучение»**

г. Симферополь 2019 год

V научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» / Сборник тезисов участников/ Секция «Современные образовательные технологии. Онлайн-обучение. Машинное обучение» // Симферополь, 2019

В сборник включены доклады участников V научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского», отражающие достижения научных и практических изысканий в сфере естественных, гуманитарных, технических наук и информационных технологий.

Работы публикуются в редакции авторов. Ответственность за достоверность фактов, цитат, собственных имен и других сведений несут авторы.

СЕКЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. ОНЛАЙН-
ОБУЧЕНИЕ. МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ»

(наименование секции)

МАКЕТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ НА БАЗЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО
КОМПЛЕКСА ARDUINO UNO КАК СРЕДСТВО ПРАКТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ
СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Андрусёв Д.В.¹

¹ студент Таврического колледжа (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ
им. В.И. Вернадского»

Соловьёв В.И.¹

¹ преподаватель-методист высшей категории Таврического колледжа (структурное
подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»

Введение. Актуальным на сегодняшний день является использование для практического обучения студентов технических специальностей платформы Arduino, которая может стать основным элементом для исследования и решения большого круга практических задач, а также поможет сократить время на создания проектов. В настоящее время в обращении имеется большое количество микроконтроллеров и платформ для управления физическими процессами, которые объединяют отдельные модули программирования в простую для использования конструкцию. В свою очередь, фирма Arduino (Италия), упрощает процесс работы с микроконтроллерами и обеспечивает ряд преимуществ перед другими аналогичными устройствами благодаря простому и понятному обучающимся программированию, низкой цене и широкому диапазону плат расширения.

Целью данной работы является анализ актуальных исследований и публикаций по проблеме использования электронных устройств во время учебного процесса, разработки и описания новых устройств в трудах многих педагогов и ученых. **Задача:** обоснование возможности оптимизации практического обучения студентов технических специальностей колледжей на основе использования макетирования устройств на базе аппаратно-программного комплекса Arduino Uno.

Результаты исследований. Вопросы оптимизации развития технического и творческого мышления обучающихся благодаря использованию платформы Arduino рассматривали ряд ученых: так особенности применения Arduino непосредственно в учебном процессе рассматривали В.С. Лободинов, С.Р. Пан, И.В. Пугачев, В.Н. Трофименко, Я.Н. Тузко; преимущества использования платформы Arduino Uno раскрыты в исследованиях Д. М. Выдрина, А. О. Махнёвой, А. Р. Мавлютова; также дан краткий обзор и перспективы применения микропроцессорной платформы Arduino Uno в статье Е.Я.Омельченко, В.О.Танича, А.С. Маклакова, Е.А.Карякина.

Arduino – небольшая по размерам плата микроконтроллера с разъемом USB для подключения к компьютеру и рядом контактов для соединения проводами с внешними устройствами, таких как электроприводы, реле, фотоэлементы, светодиоды, громкоговорители, микрофоны и прочее. Она может питаться от разъема USB компьютера, от 9-вольтовой батареи или другого источника питания. Платой можно управлять с компьютера, или запрограммировать ее и после отсоединения от компьютера она будет работать

автономно.

Arduino – это платформа с открытым исходным кодом, поэтому все схемы и исходный код программ доступны для любого желающего. Это означает, что вы можете не только экспериментировать с Ардуино, но и использовать платформу и прилагаемые к ней программные библиотеки в своих проектах, производить и продавать клоны платы Ардуино.

Модель Arduino Uno R3 считают базовой платой Arduino. Однако существуют и другие модели Arduino (Leonardo, Zero, 101, Due и Yun), а также другие устройства, такие как Photon или Intel Edison, для программирования которых используется язык Arduino.

Arduino – это эффективное средство для разработки электронных устройств, которые более тесно взаимодействуют с окружающей средой, чем персональные компьютеры. Arduino – это платформа с открытым исходным программным кодом для работы с разнообразными физическими объектами. Она является платой с микроконтроллером и средой разработки для создания программного обеспечения. Платформа была выпущена в 2005 году как инструмент для студентов Института проектирования взаимодействий итальянского города Ивера (Interaction Design Institute Ivrea, IDII).

Платформа Arduino может быть использована для разработки систем, управляющих датчиками и переключателями. Такие системы, в свою очередь, могут руководить работой широкого диапазона индикаторов, двигателей и других устройств. Модули на базе Arduino могут быть как автономными, так и взаимодействовать с программным обеспечением, которое работает на персональном компьютере. Любую плату Arduino можно собрать собственноручно или купить готовый модуль. Среда разработки для программирования такой платы бесплатная и имеет открытый исходный код.

Как отмечает Д.Ф. Выдрин программировать Arduino намного проще, чем программировать отдельно микроконтроллер, так как достаточно всего лишь кабеля USB и ПО Arduino, которое можно скачать бесплатно с официального сайта; также, язык программирования устройств Arduino прост в освоении, и на данный момент Arduino, по мнению многих пользователей, самый удобный способ программирования – в открытом доступе имеется большое количество примеров программ с разъяснениями и схемами на русском языке, что позволяет в полном объеме разобраться в особенностях языка.

В.С. Лободинов и его соавторы указывают на то, что платформу Arduino можно использовать в учебном процессе для создания лабораторных установок по исследованию микроконтроллеров и технологии разработки приложений, отличающихся высокой функциональностью, удобной средой программирования и низкой стоимостью, обусловленной открытостью схем и программного обеспечения.

Обучение студентов, на их взгляд, с использованием таких лабораторных установок позволит сократить время освоения студентами технологий разработки микроконтроллерных управляющих устройств.

Выводы. Таким образом, платформа Arduino по техническим характеристикам максимально подходит для учебного процесса по проектированию различных автоматизированных технических систем и роботов, благодаря восприимчивой среде программирования, возможности наблюдения физических процессов в реальном времени. Более мощные платы Arduino (TRE, YUN, DUE) могут быть применены для решения более сложных задач, связанных с разработкой больших проектов. Данная плата получила большую популярность среди студентов технических специальностей благодаря своей простоте, доступности, недорогой цене и функциональности. Использование макетной платы, позволяет обойтись без паяльника на этапе ее проектирования и соответственно реализовать проекты разной сложности.

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

М

Maksimova E., 21
Mogilenec Yu., 21

N

Nauhatsky I., 21

P

Prilepskiy D.Yu., 22

S

Seleznev K., 19, 21
Seleznyova K., 21
Seleznyova K.A., 22
Strugatsky M., 21
Strugatsky M.B., 19

Y

Yagupov S., 21

A

Андрусёв Д.В., 81

Б

Баршак Е.В., 23
Бекиров Э.А., 33
Бержанский В.Н., 11, 13

В

Викулин Д.В., 27
Воскресенская С.Н., 35

Г

Глизнуца Д. А., 60
Григорьев П. Е., 76

З

Зуев С.А., 78

И

Иванова А.В., 31
Иззетдинова А.А., 58

К

Каравайников А.В., 11

Л

Лагунов И.М., 7
Лагунов И.М., 5
Лукьяненко В. А., 71
Лукьяненко Д. В., 71
Лускова Ю.С., 76

М

Максимов Г.С., 18
Максимова Е.М., 18
Милюкова Е.Т., 13
Михайлова Т.В., 13
Муровская А.С., 31

Н

Наухацкий И.А., 18
Нудьга А.А., 55

О

Ожегов А.Ю., 66, 67, 69

П

Павленко Д.В., 78
Полетаев Д.А., 55, 57, 58,
59
Пономаренко В.И., 5, 7

Попов В.В., 9
Потенко В.В., 37

P

Руденко М.А., 64

C

Соколенко Б.В., 57, 58, 59
Соколенко Б.В.², 55
Соловьев В.И., 81
Станкевич Е.Н., 39
Старосек А.В., 55
Сыров А.А., 9

T

Тицкий И.А., 41
Томилин С.В., 9, 11, 13
Томилина О.А., 11, 13
Торбек В.Ю., 3, 23

Ф

Фирсов Р.А., 43

Ц

Циперко Л.Н., 33

Ч

Чуйков С.А., 35, 53

Ш

Шадрин А.А., 55
Шевченко Н.С., 45
Шевчук И.А., 47
Шубин В.С., 49

Я

Яворский М.А., 23, 27