

ISSN 2181-7200

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ТАЪЛИМ, ФАН  
ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ

---

ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

# И Л М И Й – Т Е Х Н И К А Ж У Р Н А Л И



2024. Том 28. № 4

*НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ ФерПИ*

*SCIENTIFIC –TECHNICAL  
JOURNAL of FerPI*

ФАРҒОНА – 2024

## ФарПИ ИЛМИЙ-ТЕХНИКА ЖУРНАЛИ ТАҲРИРИЯТИ

1997 йилдан буён нашр этилади.  
Йилига 6 марта чоп қилинади.

ЎзР Олий аттестация комиссияси  
Раёсатининг 2013 йил 30 декабрдаги  
№201/3 қарори билан журнал ОАКнинг  
илмий нашрлари рўйхатида киритилган

Бош муҳаррир

Ў.Р. САЛОМОВ

### Таҳрир хайъати:

#### Физика-математика фанлари:

1. Вайткус Ю.Ю., академик, ф.-м.ф.д., проф. – Вильнюс, Литва ДУ
2. Тарасенко С.А., ф.-м.ф.д., проф. – С-Пб. ФТИ, РФА
3. Мўминов Р.А., академик, ф.-м.ф.д., проф. – ЎзФА ФТИ
4. Сиддиков Б.М., Prof. of Mathem. – Ferris State University, USA
5. Нуриддинов И., ф.-м.ф.д., проф. – ЎзФА ЯФИ
6. Юлдашев Н.Х., ф.-м.ф.д., проф. – ФарПИ

#### Механика:

1. Алиматов Б.А., т.ф.д., проф. – Белгород ДТУ, Россия
2. Сиваченко Л.А., академик, д.т.н., проф. – Бел.-Рос. Университет, Беларусия
3. Бойбобоев Н., т.ф.д., проф. – Нам МҚИ
4. Мамаджанов А.М. т.ф.д., проф. – Тош ДТУ
5. Тожиёв Р.Ж., т.ф.д., проф. – ФарПИ
6. Тухтақўзиёв А., т.ф.д., проф. – ЎзФА МЭИ

#### Қурилиш:

1. Аббасов Ё.С., т.ф.д. – ФарПИ
2. Ақромов Х.А., т.ф.д., проф. – Тош АҚИ
3. Одилхажаяев А.Э., т.ф.д., проф. – Тош ТИТМИ
4. Раззаков С.Ж., т.ф.д., проф. – НамМҚИ
5. Шинкова Н.Б. т.ф.д. проф. – Москва Арх. Инст., Россия

#### Энергетика, электротехника, электрон қурилмалар ва ахборот технологиялар

1. Арипов Н.М., т.ф.д., проф. – Тошкент ТИТМИ
2. Хайриддинов Б.Э., т.ф.д., проф. – Қарши ДУ
3. Қасымхонува А.М., т.ф.д., проф. – ФарПИ
4. Расулов А.М., т.ф.д. – ТАТУ ФФ
5. Эргашев С.Ф., т.ф.д. – ФарПИ

#### Кимёвий технология ва экология

1. Салиханова Д.С., т.ф.д. проф. – ЎзФА УНКИ
2. Ибрагимов А.А., к.ф.д., проф. – ФарДУ
3. Ибрагимов О.О., к.х.ф.д. проф. – ФарПИ
4. Омонов Т.С., ф.-м.ф.д., проф. – Альберта Университети, Эдмонтон, Канада.
5. Хамдамова Ш.Ш., т.ф.д. – ФарПИ
6. Хамроқулов З.А., т.ф.д. – ФарПИ

#### Ижтимоий-иқтисодий фанлар

1. Ертаев К.Е., и.ф.д., проф. – Тараз ДУ, Қозғоғистон
2. Иқромов М.А., и.ф.д., проф. – Тош ИУ
3. Искандарова Ш.М., фил.ф.д., проф. – ФарДУ
4. Исманов И.Н., и.ф.д., проф. – ФарПИ
5. Қудбиев Д., и.ф.д., проф. – ФарПИ

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ФерПИ

Издаётся с 1997 года.  
Выходит 6 раз в год.

Постановлением Президиума Высшей  
аттестационной комиссии РУз №201/3  
от 30 декабря 2013 г. журнал включен в  
список научных изданий ВАК.

Главный редактор

У.Р. САЛОМОВ

### Редакционная коллегия:

Ё.С. Аббасов, Б.А. Алиматов, Х.А. Ақромов, Н.М. Арипов, Н. Бойбобоев, Ю.Ю. Вайткус, К.Е. Ертаев, А.А. Ибрагимов, О.О. Ибрагимов, М.А. Иқромов, Ш.М. Искандарова, И.Н. Исманов, А.М. Қасымхонува, Д. Қудбиев, А.М. Мамаджанов, Р.А. Муминов, И. Нуриддинов, А.Э. Одилхажаяев, Т.С. Омонов, А.М. Расулов, С.Ж. Раззаков, Б.М. Сиддиков, Л.А. Сиваченко, Д.С. Салиханова, С.А. Тарасенко, Р.Ж. Тожиёв, А.А. Тухтақўзиёв, Б.Э. Хайриддинов, Ш.Ш. Хамдамова, З.А. Хамроқулов, Н.Б. Шинкова, С.Ф. Эргашев, Н.Х. Юлдашев (ответственный редактор)

## SCIENTIFIC – TECHNICAL JOURNAL of FerPI

It has been published since 1997.  
It is printed 6 times a year.

The decision of Presidium of the Supreme  
Attestation Committee of the RUz №201/3  
from December, 30th, 2013 Journal is included  
in the list of scientific editions of the SAC.

Editor-in-chief

U.R. SALOMOV

### Editorial board members:

Yo.S. Abbasov, B.A. Alimatov, X.A. Akromov, N.M. Aripov, N. Boyboboev, Yu.Yu. Vaitkus, K.E. Ertaev, A.A. Ibragimov, O.O. Ibragimov, M.A. Ikramov, Sh.M. Iskandarova, I.N. Ismanov, A.M. Kasimahunova, D. Kudbiev, A.M. Mamadjanov, R.A. Muminov, I. Nuriddinov, A.O. Odilxajayev, T.S. Omonov, A.M. Rasulov, S.J. Razzakov, B.M. Siddikov, L.A. Sivachenko, D.S. Salikhanova, S.A. Tarasenko, R.J. Tojiev, A.A. Tuxtakuziev, B.E. Hayrididinov, Sh.Sh. Xamdamova, Z.A. Xamroqulov, N.B. Shinkova, S.F. Ergashev, N.Kh.Yuldashev (Executive Editor)

**ФУНДАМЕНТАЛ ФАНЛАР**

Сулаймонов Х.М., Юлдашев Н.Х. $(Bi_{0,25}Sb_{0,75})Te_3$ пленкаларнинг циклик деформация остидаги тензорезистив хоссалари .....	9
Кулиев Ш.М., Абдулхаев О.А., Рахматов А.З., Бобоев Ф.О., Хакимов А.А., Абдулхаева А.Р., Истамов Д.Б., Ёдгорова Д.М. Ўртача қувватли кремний диодларининг волт-ампер характеристикасига гамма нурланишнинг таъсири .....	17

**МЕХАНИКА**

Rayimjonov M.B., Sarimsaqov A.U., Muradov R.M. Toshtutgich qurilmasining yangi konstruksiyasini takomillashtirish yo'llari .....	25
Urokov A.X., Tashev D.V., Tojiboyev Sh.I. Farg'ona vodiysi avtomobil yo'llarida sodir bo'layotgan yo'l transport hodisalarini tahlil qilish .....	33
Muxammadiyev D.M., Ergashev I.O., Abdusalomov M.C., Jamolova L.Yu. Tarqalgan parametrlari chigitni chiqarish kuvurining aylanma xarakatini ўрганиш .....	38
Ruzmetov R.I., Gapparova M.A., Tuychiyev T.O. Paxta tolasi namligi o'zgarishini issiqlik agenti tezligiga va xaroratiga bog'liqligi .....	48
Shermatov E.S. Optimallashtirish mezonlari asosida yuk frontlarining xarajatlarini aniqlash	54
Qozaqov F.A., Aliyeva D.G., Obidov D.X., Abdujabborov M.Z. To'quv dastgohlarida tanda iplari tarangligi .....	61
Saloxiddinova M.N., Muradov R.M. Qo'zg'aluvchan qurilmada tola va chigit shikastlanishini oldini olish yo'llari .....	67
Berdiyev D.M., Abdullayev B.K., Kuziyev G.Sh. Detallarni ishchi yuzalariga gaz alangasida kukun qoplamalar qoplash jarayonining termodinamik ko'rsatkichlarini hisoblash .....	71
Xuramova X.M., Rahimov F.X., Isaxanov X. Tozalash mashinalarining ishchi organlarini zamonaviy dasturlardan foydalanган ҳолда лойиҳалаш .....	79
Rayimjonov M.B., Sarimsakov A.U., Muradov, R.M. Paxta tozalash zavodlarida ishlatilish kelinayotgan paxta tarkibidagi mayda va og'ir aralashmalarni tutib qoluvchi qurilmaning samarali ishlashini takomillashtirish .....	83

**ҚУРИЛИШ**

Xusainov M.A. Uy-joy fondini rekonstruksiya qilishning ijtimoiy, iqtisodiy va texnik zarurati	90
Arifjanov A.M., Sattorov A.X., Xoшимov C.H., Atakulov D.E. Аванкамераги оқим ҳолатини барқарорлаштириш схемасини моделлаштириш .....	96
Razzakov S.J., Mirzaaxmedova O.A. Bazalt armaturali egiluvchi beton to'sinlarning yuk ta'siri ostida buzilishga va mustahkamlikka sinash .....	103

**ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОН ҚУРИЛМАЛАР ВА АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАР**

Siddikov I.X., Umurzakova D.M. Issiqlik energiyasi obyektlarining haroratini boshqarish uchun neyron tarmoq bilan adaptiv rostlagich parametrlarini sozlash algoritmini ishlab chiqish .....	110
O'zbekov M.O., O'rmonov S.R. Gidravlik turbinani loyihalashda innovatsion yondashuvlar: soploli va vintli tizimlarni tadqiqoti .....	115
Zakirov V.M., Abdullayev E.S. So'rovlarga masofadan xizmat ko'rsatish serveri samaradorligini oshirishning modeli .....	121
Pirmatov N.B., Panoyev A.T. Yem maydalash qurilmalarida qo'llaniladigan asinxron motorning statik va dinamik rejimlarida barqaror rejimida ishlashini ta'minlash hisobiga energiya tejashning tajribaviy asoslash .....	128
Muxamedieva D.T., Raupova M.X., Vasieva D.D. Grover algoritmi asosida chiziqli bo'lmagan optimallashtirish masalasini yechish .....	135
Kasimaxunova A.M., Norbo'taev M.A. Termoelektrik generatorlarning p- va n-shoxchalarida tok zichligini ortishini issiqlik jarayonlariga ta'sirini modellashirish .....	145

Sharibayev N.Yu., Nasirdinov B.A. Mexatronik tizim va muhit omillarining ipak qurti urug'ining jonlantirish davriga ta'siri .....	150
Alimqulov N.M., Achilov B.S., Xudayberdiyev M.X. O'pka saratoni diagnostikasida ORB va Baholarni hisoblash algoritmlarining qo'llanilishi .....	156
Zaxidov R.A., Saloydinov S.Q. Shamol va quyosh energiyasi samaradorligining analitik hisobidan foydalangan holda suv omborlari atrofida qurilgan geslarning energetik quvvatini oshirish .....	165
Eshpulatov N.M., Toshmamatov N.T. Pomidorni po'stlog'idan ajratishda elektrotexnologik usullardan foydalanish .....	171
Авезова Н.Р., Далмурадова Н.Н., Рузиев О.С., Шерматова М.Б. Физико-технические свойства теплоизоляционных материалов и конструкций .....	175
<b>КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЭКОЛОГИЯ</b>	
Ismoilov F.S., Karimov M.U., Djalilov A.T. Butilakrilat asosidagi polikarboksilat superplastifikator olish va iq spektr taxlili o'rganish .....	183
Kolossova I.V., Alimatov B.A. Tomonlik bo'lgan novoviy meteorologik shartlar davridagi ishlab chiqarish etishini hisobi uchun formulalarni tahlil va asoslari .....	188
Хусенов А.Ш., Киямова М.И., Абдуллаев О.Х., Рахманбердиев Г. Фиброин ажратиби олиш ва унинг молекуляр катталикларини ўрганиш .....	195
Safarova L.U. Ansaml mashinali o'qitish usullaridan foydalangan holda o'rmon qoplamining har xil turlarini aniqlash .....	200
Хурмаматов А.М., Хаметов З.М., Юсупова Н.К., Алимов Н.П. Углеводород чикиндиларини утилизатсияга тайёрлаш жараёни тадқиқоти натижалари .....	208
Нурматов И.Р., Джахангирова Г.З., Равшанов С.С., Зайнобиддинов М.З.Т. Буғдой донини ун тортишга тайёрлашда қўлланилаётган ер ости сув намуналарининг органолептик кўрсаткичларини таҳлил этиш .....	214
Bozorov Sh.A., Urazov M.K. Jun tolasining fizik kimyoviy xossalarini o'rganish .....	220
<b>ИЖТИМОЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАҢЛАР</b>	
Mamadaliyeva L.K., Esanaliev S.N. Birinchi instansiya sudlarida jinoyat ishlarini yuritishda dastlabki eshituv institutining nazariy va huquqiy asoslari tahlili .....	225
<b>ҚИСҚА ХАБАРЛАР</b>	
Xaydarov B.Z., Xaydarov Z. Elektronika va mikroelektronikada metrologiya va standartlashtirish asoslari .....	231
Maxmudov I.R. Chizel-kultivator lemexlarining dala sinovi natijalari tahlili .....	234
Berdiyev O.B., Botirov B.F. Kimyoviy qo'shimchalarning beton xususiyatlariga ta'sirini baholash haqida .....	236
Ixtiyarova G.A., Ulashov Sh.M. Apis Mellifera xitozani va glutaraldegid asosidagi Shiff asosining fizik-kimyoviy xususiyatlarini o'rganish .....	239
Xolmirzayev I.J., Bayzakov T.M., Yusupov Sh.B., Abdurahmonov O.Sh. O'simliklarni zararli hasharotlardan himoya qilishning elektrofizik usulining samaradorligi .....	243
Hasanov H.A., Djamolov R.K., Abidova A.R. Atmosferaga ajralayotgan havoni tozalash uchun ishlatiladigan filtr uskunasini ishlab chiqish .....	246
Obidov J.G'. Pilla qobig'ining perimetri bo'ylab mustahkamligini har tomonlama baholash uchun amplituda modulyatsiyasi skanerlashiga asoslangan sensor tizimini ishlab chiqish va uni metrologik ta'minoti .....	249
Муаллифлар диққатига ! .....	253

### ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ

Сулаймонов Х.М., Юлдашев Н.Х. Тензорезистивные свойства пленок $(Bi_{0.25}Sb_{0.75})Te_3$ при циклических деформациях .....	9
Кулиев Ш.М., Абдулхаев О.А., Рахматов А.З., Бобоев Ф.О., Хакимов А.А., Абдулхаева А.Р., Истамов Д.Б., Ёдгорова Д.М. Влияние гамма облучения на вольтамперные характеристики кремниевого диода средней мощности .....	17

### МЕХАНИКА

Райимжонов М.Б., Саримсаков А.У., Мурадов Р.М. Пути улучшения новой конструкции холодильника .....	25
Уроков А.Х., Ташев Д.В., Тожибоев Ш.И. Анализ дорожно-транспортных происшествий на дорогах Ферганской долине .....	33
Мухаммадиев Д.М., Эргашев И.О., Абдусаломов М.С., Жамолова Л.Ю. Исследование вращательное движение семяотводящей трубы с распределенными параметрами .....	38
Рузметов Р.И., Гаппарова М.А., Туйчиев Т.О. Зависимости изменение влажности хлопкового волокна от скорости и температуры сушильного агента .....	48
Шерматов Э.С. Определение затраты грузовых фронтов по критериям оптимизации .....	54
Казаков Ф.А., Алиева Д.Г., Обидов Д.Х., Абдужабборов М.З. Натяжение нитей на ткацком станке .....	61
Салохиддинова М.Н., Мурадов Р.М. Способы предотвращения повреждения волокна и семян в передвижном перевалке .....	67
Бердиев Д.М., Абдуллаев Б.К., Кузиев Г.Ш. Расчет термодинамических показателей процесса нанесения порошковых покрытий на рабочие поверхности деталей с помощью газового пламени .....	71
Хурамова Х.М., Рахимов Ф.Х., Исаханов Х. Проектирование рабочих органов очистных машин с использованием современного программного обеспечения .....	79
Райимжонов М.Б., Саримсаков А.У., Мурадов Р.М. Повышение эффективности устройства для удерживания мелких и тяжелых смесей в хлопке, используемом на хлопкоочистительных предприятиях .....	83

### СТРОИТЕЛЬСТВО

Хусаинов М.А. Социально-экономическая и техническая необходимость реконструкции жилищного фонда .....	90
Арифжанов А.М., Сатторов А.Х., Хошимов С.Н., Атакулов Д.Е. Изучение процессов аккумуляции в аванкамере .....	96
Раззаков С.Дж., Мирзаахмедова У.А. Испытания изгибаемых бетонных балок с базальтовой арматурой на прочности и разрушении под нагрузкой .....	103

### ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Сиддиков И.Х., Умурзакова Д.М. Разработка алгоритма настройки параметров адаптивного регулятора с нейронной сетью для управления температурой теплоэнергетических объектов .....	110
Узбеков М.О, Урмонов С.Р. Инновационные подходы к проектированию гидравлических турбин: изучение соплообразных и винтовых систем .....	115
Закиров В.М., Абдуллаев Э.С. Модель повышения эффективности сервиса удаленных запросов .....	121
Пирматов Н.Б., Паноев А.Т. Экспериментальное обоснование энергосбережения за счет обеспечения устойчивой работы асинхронного двигателя, используемого в устройствах для измельчения кормов, в статическом и динамическом режимах .....	128
Мухамедиева Д.Т., Раупова М.Х., Васиева Д.Д. Решение задачи нелинейной оптимизации на основе алгоритма Гровера .....	135
Касимахунова А.М., Норбутаев М.А. Моделирование влияния повышения плотности тока в р- и n- ветвях термоэлектрических генераторов на тепловые процессы .....	145

Шарибаев Н.Ю., Насирдинов Б.А. Влияние мехатронных систем и факторов окружающей среды на инкубационный период яиц шелкопряда .....	150
Алимкулов Н.М., Ачилов Б.С., Худайбердиев М.Х. Использование алгоритмов расчета ORB и ABO при диагностике рака легких .....	156
Захидов Р.А., Салойдинов С.К. Повышение энергетической мощности плотин ГЭС, построенных вокруг водохранилищ, с использованием аналитических расчетов эффективности ветровой и солнечной энергии .....	165
Эшпулатов Н.М., Тошмаматов Н.Т. Использование электротехнологических методов при снятии кожуры с помидоров .....	171
Авезова Н.Р., Далмурадова Н.Н., Рузиев О.С., Шерматова М.Б. Физико-технические свойства теплоизоляционных материалов и конструкций .....	175

### **ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ**

Исмаилов Ф.С., Каримов М.Ю., Джалилов А.Т. Получение поликарбоксилатного суперпластификатора на основе бутилакрилата и исследование методом ИК-спектрального анализа .....	183
Колосова И.В., Алиматов Б.А. Анализ и обоснование выбора формул расчета выбросов загрязняющих веществ в период неблагоприятных метеорологических условий вызванных штормом .....	188
Хусенов А.Ш., Киямова М.И., Абдуллаев О.Х., Рахманбердиев Г. Выделение фибрина и изучение его молекулярных параметров .....	195
Сафарова Л.У. Определение различных типов лесного покрытия с использованием ансамблевых методов машинного обучения .....	200
Хурмаматов А.М., Хаметов З.М., Юсупова Н.К., Алимов Н.П. Результаты исследования процесса подготовки углеродородных отходов к утилизации .....	208
Нурматов И.Р., Джахангирова Г.З., Равшанов С.С., Зайнобиддинов М.З.Т. Анализ органолептических показателей проб подземных вод, использованных при подготовке зерна пшеницы к взвешиванию муки .....	214
Бозоров Ш.А., Уразов М.К. Исследование физико-химических свойств шерстяного волокна .....	220

### **СОЦИАЛЬНО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

Мамадалиева Л.К., Эсаналиев С.Н. Анализ теоретико-правовых основ института предварительного слушания при ведении уголовных дел в судах первой инстанции .....	225
---	-----

### **КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ**

Хайдаров Б.З., Хайдаров З. Основы метрологии и стандартизации в электронике и микроэлектронике .....	231
Махмудов И.Р. Анализ результатов полевых испытаний лемехов чизель-культиватор ..	234
Бердиев О.Б., Ботиров Б.Ф. Об оценке влияния химических добавок на свойства бетона	236
Ихтиярова Г.А., Улашов Ш.М. Изучение физико-химических свойств основания Шиффа на основе хитозана <i>Apis Mellifera</i> и глутарового альдегида .....	239
Холмирзаев И.Дж., Байзаков Т.М., Юсупов Ш.Б. Абдурахмонов О.Ш. Эффективность электрофизического метода защиты растений от вредных насекомых .....	243
Хасанов Х.А., Джамолов Р.К., Абидова А.Р. Разработка фильтрующего оборудования для очистки воздуха, выбрасываемого в атмосферу .....	246
Обидов Ж.Г. Метрологии, стандартизации и менеджмента качества продукции .....	249
К сведению авторов ! .....	254

## CONTENTS

### FUNDAMENTAL SCIENCES

- Sulaymonov Kh.M., Yuldashev N.Kh. Strain-resistive properties of films  $(Bi_{0.25}Sb_{0.75})Te_3$  under cyclic strains ..... 9
- Kuliev Sh.M., Abdulkhaev O.A., Rakhmatov A.Z., Boboev F.O., Khakimov A.A., Abdulkhaeva A.R., Istamov D.B., Yodgorova D.M. The effect of gamma irradiation on the volt ampere characteristics of a medium-power silicon diode ..... 17

### MECHANICS

- Rayimjonov M.B., Sarimsakov A.U., Muradov R.M. Ways of improving the new construction of the refrigerator ..... 25
- Urokov A.X., Tashev D.V., Tojiboyev Sh.I. Analysis of traffic accidents on the roads of the ferghana valley ..... 33
- Mukhammadiev D.M., Ergashev I.O., Abdusalomov M.S., Zhamolova L.Yu. Study of rotational motion of seed-removing tube with distributed parameters ..... 38
- Ruzmetov R.I., Gapparova M.A., Tuychiev T.O. Analysis of the adhesion strength of fiber to seed ..... 48
- Shermatov E.S. Determining the cost of cargo fronts based on optimization criteria ..... 54
- Kozakov F.A., Alieyva D.G., Obidov D.X., Abdujabborov M.Z. Tension of threads on weaving loom ..... 61
- Salokhiddinova M.N., Muradov R.M. Ways to prevent fiber and cotton seed damage in the moving device ..... 67
- Berdiev D.M., Abdullaev B.K., Kuziyev G.Sh. Calculation of thermodynamic parameters of the process of applying powder coatings to the working surfaces of parts using a gas flame .... 71
- Xuramova X.M., Rakhimov F.X., Muradov R.M. Design of working parts of cleaning machines using modern software ..... 79
- Rayimjonov M.B., Sarimsakov A.U., Muradov, R.M. Improving the efficiency of device for holding fine and heavy mixtures in cotton used in cotton ginning factories ..... 83

### BUILDING

- Khusainov M.A. Socio-economic and technical necessity for reconstruction of the dwelling stock ..... 90
- Arifjanov A.M., Sattorov A.X., Xoshimov S.N., Atakulov D.Y. Simulation of the flow pattern for steady state flow in the forebay ..... 96
- Razzakov S.J., Mirzaakhmedova O.A. Testing of bending concrete beams with basalt reinforcement for strength and failure under load ..... 103

### ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

- Siddikov I.X., Umurzakova D.M. Development of an algorithm for tuning the parameters of an adaptive controller with a neural network for controlling the temperature of heat and power facilities ..... 110
- Uzbekov M.O., Urmonov S.R. Innovative approaches to the design of hydraulic turbines: study of suppler and screw systems ..... 115
- Zakirov V.M., Abdullayev E.S. Model for improving the efficiency of a remote query service server ..... 121
- Pirmatov N.B., Panoev A.T. Experimental substantiation of energy saving by ensuring stable operation of an asynchronous motor used in feed grinding devices in static and dynamic modes ..... 128
- Mukhamedieva D.T., Raupova M.H., Vasiyeva D.D. Solution of the nonlinear optimization problem based on the Grover algorithm ..... 135
- Kasimakhunova A.M., Norbutaev M.A. Simulation of the influence of increasing current density in p- and n- branches of thermoelectric generators on thermal processes ..... 145

## CONTENTS

---

Sharibayev N.Yu., Nasirdinov B.A. The Impact of Mechatronic Systems and Environmental Factors on the Incubation Period of Silkworm Eggs .....	150
Alimkulov N., Achilov B., Hudayberdiev M. Use of algorithms for calculating ORB and ACE in diagnosing lung cancer .....	156
Zakhidov R.A., Saloydinov S.Q. Increasing the energy capacity of hydroelectric dams built around reservoirs using analytical calculations of wind and solar energy efficiency ...	165
Eshpulatov N.M., Toshmamatov N.T. Using electrotechnology methods in tomato peeling	171
Avezova N.R., Dalmuradova N.N., Ruziev O.S., Shermatova M.B. Physical and technical properties of thermal insulation materials and structures .....	175

### CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

Ismailov F.S., Karimov M.U., Djalilov A.T. Production of polycarboxylate superplastizer based on butyl acrylate and study by ir spectral analysis .....	183
Kolosova I.V., Alimatov B.A. Analysis and rationale for the choice of formulas for calculating pollutant emissions during the period of unfavorable meteorological conditions caused by calm .....	188
Khuseinov A.Sh., Kiyamova M.I., Abdullayev O.Kh., Rakhmanberdiyev G. Isolation of fibroin and study of its molecular parameters .....	195
Safarova L.U. Identifying different types of forest cover using ensemble machine learning methods .....	200
Khurmamatov A.M., Khametov Z.M., Yusupova N.K., Alimov N.P. Results of a study of the process of preparing hydrocarbon waste for disposal .....	208
Nurmatov I.R., Dzhakhangirova G.Z., Ravshanov S.S., Zainobiddinov M.Z.T. Analysis of organoleptic indicators of groundwater samples used in preparation of wheat grain for flour weighing .....	214
Bozorov Sh.A., Urazov M.K. Study of physical and chemical properties of wool fiber .....	220

### SOCIAL AND ECONOMIC SCIENCES

Mamadaliyeva L.K., Esanaliev S.N. Analysis of the theoretical and legal foundations of the institution of preliminary hearing in the conduct of criminal cases in the courts of first instance .....	225
--	-----

### SHORT MESSAGES

Khaydarov B.Z., Khaydarov Z. Fundamentals of Metrology and Standardization in Electronics and Microelectronics .....	231
Makhmudov I.R. Analysis of the results of the field test of Chizel-cultivator plowshares ...	234
Berdiev O.B., Botirov B.F. About assessing the influence of chemical additives on the properties of concrete .....	236
Ikhtiyarova G.A., Ulashov Sh.M. Study of physicochemical properties of Schiff base based on Apis Mellifera chitosan and glutaric aldehyde .....	239
Xolmirzayev I.J., Bayzakov T.M., Yusupov Sh.B., Abdurahmonov O.Sh. The effectiveness of the electrophysical method of protecting plants from harmful insects .....	243
Hasanov H.A., Djamolov R.K., Abidova A.R. Development of filtering equipment for purifying air emitted into the atmosphere .....	246
Obidov J. Development and metrological support of a sensor system based on amplitude-modulation scanning for a comprehensive assessment of the strength of the cocoon shell along its perimeter .....	249
Information to the authors ! .....	255



**Adabiyotlar**

- [1]. Аллаев Қ.Р. Электромеханик ўткинчи жараёнлар. Ўқув қўлланма.-Т.: “Молия” нашриёти, 2007 йил .272 б.
- [2]. Pirmatov N.B., Panoev A.T., Samatova G., and Berdiyev O’N. Determination of methods of achieving the energy savings through mathematical modeling of static and dynamic modes of electromagnetic energy conversion in asynchronous motors used in feed crushers. E3S Web of Conferences 383, 04046 (2023) TT21C-2023. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202338304046>
- [3]. Baratov R., Pirmatov N., Panoev A., Chulliyev Ya., Ruziyev S. and Mustafoqulov A. Achievement of electric energy savings through controlling frequency converter in the operation process of asynchronous motors in textile enterprises IPICSE 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012161 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012161
- [4]. Имомназаров А.Т. Асинхрон моторларнинг минимум кувват исрофи режимида ишлаши асослари // Тош ДТУ хабарлари. – Тошкент, 2005, № 2, 33 – 38 б.
- [5]. Pirmatov N.B., Panoev A.T. Energy saving by ensuring steady operation of asynchronous motor of fodder grinding devices in static and dynamic modes. Proceedings of the III International Conference on Advances in Science, Engineering, and Digital Education AIP Conf. Proc. 2969, 060004-1–060004-7; <https://doi.org/10.1063/5.0184986> Published by AIP Publishing. 978-0-7354-4795-0/\$30.00 060004-1
- [6]. Хошимов О.О., Имомназаров А.Т. Электромеханик тизимларда энергия тежамкорлик. Тошкент, «ЎАЖБНТ» Маркази, 2004, 96 б.
- [7]. Pirmatov N., Panoev A. Frequency control of asynchronous motors of looms of textile enterprises E3S Web of Conferences, 2020, 216, 01120.
- [8]. Baratov R., Pirmatov N. Low - Speed generator with permanent magnets and additional windings in the rotor for small power wind plants and micro hydro power plants IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 883(1), 012183.
- [9]. Авербах И.А., Барац Е.И., Браславский И.Я., Ишматов З.Ш. Электропривод и автоматизация промышленных установок как средства энергосбережения– Екатеринбург: Свердловск энергонадзор, 2002. – 28 с.
- [10]. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод /: Учеб. пособие для студ. высш. учеб.заведений.– М.: Издательский центр «Академия», 2004.– 256 с.
- [11]. Аллаев Қ.Р., Хошимов Ф.А. Энергосбережения на промышленных предприятиях. - Т.: Фан, 2011: -207 с.
- [12]. Ефимов А.А., Шрейнер Р.Т., под ред. Р.Т. Шрейнера. Активные преобразователи в регулируемых электроприводах переменного тока / - Новоуральск: НГТИ, 2001. - 250 с.
- [13]. Хашимов А.А., Арипов Н.М. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод шелкомотания. Монография. Ташкент: ТГТУ, 2002. – 144 с.
- [14]. Авербах И.А., Барац Е.И., Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Электропривод и автоматизация промышленных установок как средства энергосбережения /– Екатеринбург: Свердловскэнергонадзор, 2002. – 28 с.
- [15]. Schneider Electric. Устройства плавного пуска и торможения Altistart 48. Каталог 2002. ART. 011237RU.
- [16]. Онищенко Г.Б. Электрический привод: учебник для студ. вузов / Г.Б. Онищенко.– М.: РАСХН, 2003. – 320 с.

УДК 519.71

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ  
АЛГОРИТМА ГРОВЕРА**

Д.Т. Мухамедиева<sup>1</sup>, М.Х. Раупова<sup>2</sup>, Д.Д. Васиева<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства,*  
[dilnoz134@rambler.ru](mailto:dilnoz134@rambler.ru) тел: 99 831 12 58

<sup>2</sup>*Чирчикский государственный педагогический университет,*  
[r.mokhinur@gmail.com](mailto:r.mokhinur@gmail.com) тел: 90 336 37 11

<sup>3</sup>*Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства,*  
[Vasiyevadilfuza1997@gmail.com](mailto:Vasiyevadilfuza1997@gmail.com) тел: 90 901 06 97

(Получена 26.06.2024 г.)

**Аннотация:** Алгоритм Гровера - это квантовый алгоритм, разработанный для поиска элемента в неотсортированном списке базовой структуры данных. Он позволяет

найти элемент с определенным свойством в списке функций, используя квантовые вычисления. С другой стороны, задачи нелинейной оптимизации направлены на нахождение минимума или максимума целевой функции, которая может быть нелинейной и может иметь различные ограничения. Для решения таких задач используются различные алгоритмы оптимизации, такие как генетические алгоритмы, методы градиентного спуска, алгоритмы на основе симуляции отжига и др. В контексте квантовых вычислений, существует идея использовать квантовые методы для оптимизации, включая алгоритмы квантовой оптимизации, которые включают в себя квантовые вариационные алгоритмы и квантовые методы оптимизации без градиентов. Эти квантовые методы оптимизации могут использоваться для решения задач нелинейной оптимизации, используя преимущества квантовых вычислений в вычислительной мощности.

**Ключевые слова:** Квантовые вычисления, алгоритм Гровера, кубит, оптимизация, оператор оракула, инверсия среднего значения.

**Abstract:** Grover's algorithm is a quantum algorithm designed to find an element in an unsorted list of an underlying data structure. It allows you to find an element with a certain property in a list of functions using quantum computing. On the other hand, nonlinear optimization problems aim to find the minimum or maximum of an objective function, which may be nonlinear and may have various constraints. To solve such problems, various optimization algorithms are used, such as genetic algorithms, gradient descent methods, simulated annealing-based algorithms, etc. In the context of quantum computing, there is an idea to use quantum methods for optimization, including quantum optimization algorithms that include quantum variational algorithms and quantum optimization methods without gradients. These quantum optimization techniques can be used to solve nonlinear optimization problems, taking advantage of quantum computing's computing power advantages.

**Keywords:** Quantum computing, Grover's algorithm, qubit, optimization, oracle operator, mean inversion

**Annотasiya:** Grover algoritmi - bu asosiy ma'lumotlar strukturasi uchun saralanmagan ro'yxatidagi elementni topish uchun mo'ljallangan kvant algoritmi. Bu kvant hisoblash yordamida funksiyalar ro'yxatida ma'lum bir xususiyatga ega bo'lgan elementni topishga imkon beradi. Boshqa tomondan, chiziqli bo'lmagan optimallashtirish muammolari chiziqli bo'lmagan va turli xil cheklovlarga ega bo'lishi mumkin bo'lgan maqsad funksiyasining minimal yoki maksimal miqdorini topishga qaratilgan. Bunday muammolarni hal qilish uchun turli xil optimallashtirish algoritmlari, masalan, genetik algoritmlar, gradient tushish usullari, simulyatsiya qilingan tavlanish algoritmlari va boshqalar qo'llaniladi. Kvant hisoblash kontekstida optimallashtirish uchun kvant usullaridan, shu jumladan kvant optimallashtirish algoritmlaridan foydalanish g'oyasi mavjud bo'lib, ular kvant variatsion algoritmlari va gradiensiz kvant optimallashtirish usullarini o'z ichiga oladi. Ushbu kvant optimallashtirish usullari hisoblash quvvatida kvant hisoblashning afzalliklaridan foydalangan holda chiziqli bo'lmagan optimallashtirish muammolarini hal qilish uchun ishlatilishi mumkin.

**Kalit so'zlar:** Kvant hisoblash, Grover algoritmi, kubit, optimallashtirish, orakl operatori, o'rtacha inversiya.

1. **Введение.** Оптимизация играет важную роль в многих областях, включая машинное обучение и промышленность. Поиск оптимальных решений часто является вычислительно сложной задачей, и квантовые вычисления предоставляют потенциал для значительного ускорения этого процесса. Однако, есть некоторые ограничения и проблемы с применением квантовых алгоритмов к оптимизационным задачам. В настоящее время доступные квантовые компьютеры все еще ограничены по числу кубитов и степени свободы. Это ограничивает их применимость к решению сложных оптимизационных задач с большим числом переменных. Квантовые вычисления подвержены ошибкам и потере квантовой информации из-за внешних факторов [1-3]. Для эффективной оптимизации требуется

высокая точность, и управление ошибками в квантовых системах является активной областью исследований. Разработка квантовых алгоритмов для конкретных оптимизационных задач может быть сложной задачей, требующей глубоких знаний в области квантовой информатики. Это ограничивает доступность и применимость квантовых алгоритмов для широкого круга специалистов. На данный момент инфраструктура для квантовых вычислений, такие как квантовые компьютеры, квантовые языки программирования и т. д. все еще находится на стадии развития. Это ограничивает доступность квантовых ресурсов для многих исследователей и компаний. Несмотря на эти ограничения, квантовые вычисления предоставляют потенциал для решения оптимизационных задач более эффективно, чем классические методы. С развитием квантовых технологий и алгоритмов можно ожидать, что квантовые алгоритмы будут играть все более важную роль в оптимизации и решении сложных промышленных проблем [4].

Для использования квантовых алгоритмов необходимо сначала сформулировать задачу в квантовой форме, что включает в себя кодирование данных и операций над ними на квантовых битах (кубитах). Процесс формулирования задачи для квантового алгоритма может включать следующие шаги [5]:

Определение, может ли задача быть сформулирована как оптимизационная задача, поиск максимума или минимума функции, или другая задача, которую можно решить с помощью квантового алгоритма.

Определение, какие данные необходимо закодировать в квантовые биты (кубиты). Кодирование данных на квантовом уровне может потребовать разработки специальных квантовых схем, чтобы представить информацию в виде состояний кубитов.

Разработка квантовой программы или квантовой схемы, которая выполняет операции над закодированными данными. Эти операции могут включать в себя квантовые вентили, квантовые вращения и другие квантовые преобразования. В зависимости от алгоритма вам может потребоваться использовать процедуры амплификации амплитуд, чтобы улучшить вероятность правильного ответа, и, наконец, произвести измерение кубитов, чтобы получить результаты задачи.

Измерение результата квантового алгоритма должны быть адекватно проанализированы и интерпретированы.

Эти шаги представляют общий процесс формулирования и решения задач с использованием квантовых алгоритмов. Важно помнить, что не все задачи подходят для квантовых алгоритмов, и выбор алгоритма и архитектуры зависит от конкретной задачи и возможностей доступных квантовых устройств [6].

Оракулы представляют собой ключевой элемент, который позволяет кодировать задачу оптимизации или другую задачу для квантового решения. Сначала необходимо явно определить задачу, которую нужно решить с использованием квантовых алгоритмов оптимизации. Например, это может быть задача поиска оптимального решения для некоторой функции. Затем вам нужно закодировать данные задачи в квантовые биты (кубиты). В случае оптимизации это может включать значения параметров, которые следует оптимизировать. Можно представить каждый параметр как набор кубитов, где каждый кубит кодирует определенное значение параметра. Далее, для решения задачи оптимизации, надо создать квантовый оракул. Оракул представляет собой квантовую схему, которая может выполнить операции над закодированными данными. Он может включать в себя квантовые вентили и операторы, которые изменяют состояния кубитов в зависимости от задачи. Например, он может инвертировать состояния, соответствующие лучшим решениям задачи, чтобы увеличить их вероятность. После применения оракула можно использовать амплификацию амплитуд, чтобы увеличить вероятность правильного ответа. Это может потребовать несколько итераций, чтобы улучшить вероятность. Наконец, измеряется состояние кубитов, чтобы получить ответ на задачу оптимизации. Измерения дают

вероятностное распределение результатов, и на основе этого распределения оценивается оптимальное решение [7].

Квантовые алгоритмы оптимизации предоставляют возможность искать лучшие решения в более эффективном режиме, чем классические методы. Кодирование проблемы оптимизации в кубиты и использование квантовых операций для изменения состояний кубитов позволяют оценивать качество решений. Задачу оптимизации можно представить в виде функции, которая принимает набор параметров и возвращает "функцию стоимости", которую нужно минимизировать или максимизировать. Значения параметров могут быть закодированы в кубиты, где каждый кубит представляет значение параметра. Квантовые алгоритмы оптимизации, такие как алгоритм Гровера и квантовые вариационные алгоритмы, предоставляют новые инструменты для решения сложных задач оптимизации. Эти алгоритмы позволяют искать лучшие решения в пространствах параметров, которые классическим методам было бы сложно обойти [1,8].

Актуальность оптимизации на основе квантового алгоритма Гровера продолжает расти из-за нескольких ключевых факторов. Алгоритм Гровера предоставляет квантовые преимущества при решении задач оптимизации по сравнению с классическими методами. Эти преимущества проявляются в ускорении поиска оптимальных решений, особенно при работе с большими объемами данных и сложными функциями. С развитием квантовых технологий становится доступным более мощное и масштабируемое аппаратное обеспечение для реализации алгоритма Гровера. Это позволяет исследователям и инженерам применять этот алгоритм к различным задачам оптимизации. Алгоритм Гровера изначально разрабатывался для задачи поиска, но его применение было расширено на задачи оптимизации. Сейчас он применяется в таких областях, как машинное обучение, криптография, оптимизация сложных систем и финансы. В некоторых областях, таких как оптимизация параметров в глубоком обучении или решение сложных задач дискретной оптимизации, классические методы могут сталкиваться с ограничениями. Алгоритм Гровера может помочь находить более эффективные решения в таких задачах. Оптимизация на основе алгоритма Гровера может интегрироваться в более широкий контекст квантовых вычислений, такой как использование квантовых аппаратов, разработка квантовых алгоритмов и платформ для исследований в области оптимизации. В целом, актуальность оптимизации на основе алгоритма Гровера обусловлена его потенциалом ускорения поиска оптимальных решений в различных областях и его интеграцией в развивающуюся экосистему квантовых вычислений [1,9].

Основная цель оптимизации на основе квантового алгоритма Гровера заключается в поиске оптимального значения функции в заданном пространстве поиска. Алгоритм Гровера может быть использован для поиска глобального минимума или максимума в заданной функции. Это позволяет решать задачи оптимизации, такие как оптимизация параметров машинного обучения, поиск оптимальных конфигураций систем или оптимизация функций стоимости в финансовых приложениях и может помочь ускорить процесс оптимизации, сокращая количество итераций, необходимых для нахождения оптимального решения. Это особенно полезно, когда вычисления на классическом компьютере могут быть вычислительно затратными. Алгоритм Гровера может быть применен к сложным задачам оптимизации с большим числом переменных и сложными функциями. Он может помочь находить оптимальные решения в таких задачах, которые были бы трудноподдающимися классическим методам оптимизации. Оптимизация на основе алгоритма Гровера может быть интегрирована в квантовые вычисления, что делает ее частью более широкой экосистемы квантовых приложений. В целом, цель оптимизации на основе алгоритма Гровера заключается в улучшении производительности поиска оптимальных решений в различных областях, используя квантовые преимущества этого алгоритма [1,10].

Основные задачи оптимизации, которые можно решать на основе квантового алгоритма Гровера, включают следующие [1,11]:

Поиск в неупорядоченном списке (Unstructured Search): Исходный алгоритм Гровера был разработан для решения этой задачи. Алгоритм может быстро найти нужный элемент в списке, даже если он находится среди большого числа других элементов.

Решение задачи SAT (Satisfiability Problem): SAT — это задача определения, существует ли такая комбинация значений булевых переменных, которая удовлетворяет заданной булевой формуле. Алгоритм Гровера может использоваться для поиска такой комбинации, если она существует.

Оптимизация параметров машинного обучения: Алгоритм Гровера может использоваться для оптимизации параметров моделей машинного обучения, таких как нейронные сети. Он может помочь найти наилучшие значения параметров, минимизирующие функцию потерь.

Решение задачи коммивояжера (Traveling Salesman Problem, TSP): TSP — это задача нахождения кратчайшего пути, который проходит через все заданные города и возвращается в начальный город. Алгоритм Гровера может использоваться для поиска оптимального маршрута.

Оптимизация портфеля инвестиций: В финансовой области алгоритм Гровера может использоваться для оптимизации выбора инвестиционного портфеля, который максимизирует ожидаемую прибыль при заданных ограничениях.

Дискретная оптимизация: Алгоритм Гровера может применяться к различным задачам дискретной оптимизации, таким как задачи на графах, планирование, раскрой и другие.

Криптография: В криптографии алгоритм Гровера используется для атаки на криптографические хеш-функции и расшифровки некоторых шифров.

Решение NP-трудных задач: Многие NP-трудные задачи, для которых известны алгоритмы с экспоненциальной сложностью, могут быть решены более эффективно с использованием алгоритма Гровера.

Основное преимущество алгоритма Гровера заключается в его способности квантово ускорять поиск оптимальных решений в таких задачах, что делает его ценным инструментом в различных областях, где требуется оптимизация.

На данный момент существует несколько квантовых алгоритмов и подходов для решения различных задач оптимизации. Эти алгоритмы стремятся использовать преимущества квантовых вычислений для решения задач оптимизации более эффективно, чем классические алгоритмы [12-14].

## **2. Методы.**

Алгоритм Гровера изначально был разработан для поиска элемента в неотсортированном списке базовых данных с использованием квантовых вычислений. Однако его можно адаптировать и применить для задач оптимизации. Вот общий алгоритм Гровера для решения задачи оптимизации [15-16]:

1. Определение целевой функции:

$$f(x) : \{0,1\}^n \rightarrow R.$$

Это функция, которую необходимо минимизировать (или максимизировать).

2. Формулировка функции-оценки (oracle function):

Построение функции-оценки  $O_f$ , которая помечает оптимальные решения. Обычно это делается следующим образом:

$$O_f |x\rangle = (-1)^{f(x)} |x\rangle,$$

где  $f(x)$  - целевая функция.

3. Инициализация:

Приготовление суперпозиции всех возможных состояний. Для этого применяется оператор Адамара ко всем кубитам:

$$|s\rangle = H^{\otimes n} |0\rangle,$$

где  $H$  - оператор Адамара.

4. Гроверова итерация:

Выполнение итераций Гровера для усиления амплитуды оптимальных решений. Каждая итерация включает два основных шага:

а. Оператор Oracle:

Применение оракула  $O_f$  для пометки оптимальных решений.

б. Диффузионный оператор (diffusion operator):

Это квантовая версия операции усреднения. Обычно представляется как:

$$D = 2|s\rangle\langle s| - I$$

где  $I$  - единичная матрица.

Гроверова итерация выглядит следующим образом:

$$U_G = DO_f$$

5. Повторение Гроверовых итераций:

Итерации Гровера повторяются  $O(\sqrt{N})$  раз, где  $N$  - размер поискового пространства.

б. Измерение:

После выполнения необходимого количества итераций производится измерение состояния кубитов. С высокой вероятностью измерение даст оптимальное решение.

**3. Результат.**

Алгоритм и псевдокод для применения алгоритма Гровера к оптимизации нелинейной функции выполняет следующие шаги:

1. Инициализация квантового состояния  $\psi$ .

```
# Инициализация состояния  $H|0\rangle$ 
```

```
 $\psi = \text{np.ones}(2**N) / \text{np.sqrt}(2**N)$ 
```

В этой строке создается начальное квантовое состояние  $\psi$ , которое является равной суперпозицией всех возможных состояний. Оно представляет собой состояние, полученное применением оператора Адамара (Hadamard) ко всем кубитам, начинающимся с состояния  $|0\rangle$ . Это обычное начальное состояние для алгоритма Гровера.

2. Применение оракула `nonlinear_function_oracle`, который инвертирует состояния, соответствующие значениям  $(x, y)$ , для которых функция `optimization_function` истинна.

Для определения оракула для двумерной нелинейной функции, можно использовать следующий алгоритм:

```
# Определение оракула для двумерной нелинейной функции
```

```
def nonlinear_function_oracle(qubits, function):
```

```
    for i in range(len(qubits)):
```

```
        x, y = qubits[i]
```

```
        if function(x, y):
```

```
            qubits[i] = (-qubits[i][0], -qubits[i][1]) # Инвертирование кортежа
```

Эта функция принимает список кубитов `qubits` и двумерную нелинейную функцию `function(x, y)`, которая возвращает `True`, если условие выполняется, и `False` в противном случае. Она перебирает все значения  $(x, y)$  из списка `qubits` и инвертирует состояния кубитов, соответствующие значениям  $(x, y)$ , для которых `function(x, y)` возвращает `True`.

Применение оракула `nonlinear_function_oracle`, который инвертирует состояния, соответствующие значениям  $(x, y)$ , для которых функция `optimization_function` истинна, в коде уже реализовано в следующем участке:

```
# Алгоритм Гровера
```

```
num_ iterations = 2 # Можно изменить по вашему усмотрению.
```

```
for _ in range(num_ iterations):
```

```
    nonlinear_function_oracle(possible_values, optimization_function)
```

```
    psi = np.dot(inversion_about_average(N), psi)
```

Функция `nonlinear_function_oracle` перебирает все возможные значения  $(x,y)$  из списка `possible_values` и инвертирует состояния кубитов, соответствующие значениям  $(x,y)$ , для которых `optimization_function(x,y)` возвращает `True`. Это происходит в цикле алгоритма Гровера. Начальные значения  $(x,y)$  для оптимизации можно изменить, установив соответствующие значения в `possible_values` до запуска алгоритма.

3. Применение оператора инверсии среднего значения `inversion_about_average`.

Алгоритм Гровера включает в себя применение оператора инверсии среднего значения (Grover Diffusion Operator) для улучшения амплитуды правильного ответа. Вот алгоритм применения этого оператора:

```
# Инверсия среднего значения
def inversion_about_average(psi):
    mean = np.mean(psi)
    psi = 2 * mean - psi
    return psi
```

Эта функция принимает квантовое состояние `psi` в виде вектора и выполняет следующие шаги:

Вычисление среднего значения всех амплитуд вектора `psi`.

Инвертирование амплитуд: каждая амплитуда заменяется на дважды среднего значения минус текущая амплитуда.

Затем вы можете применить этот оператор в вашем коде, как это сделано в цикле алгоритма Гровера:

Это применяет оператор инверсии среднего значения `inversion_about_average` к текущему состоянию `psi` после применения оракула.

4. Повторение шагов 2 и 3 заданное количество раз (`num_iterations`).

5. Вычисление вероятностей для каждого состояния.

Для вычисления вероятностей для каждого состояния после выполнения алгоритма Гровера в вашем коде, вы можете использовать следующий алгоритм:

```
# Вычисление вероятностей
probabilities = np.abs(psi)**2
```

Этот код берет амплитуды из квантового состояния `psi`, возводит их в квадрат и сохраняет результаты в переменной `probabilities`. Вероятность состояния с индексом `i` будет равна `probabilities[i]`.

После выполнения этой операции, можно перебрать все состояния и вывести их вероятности,

```
# Вывод результатов
for idx, prob in enumerate(probabilities):
    x, y = possible_values[idx]
    print(f"Значение ({x}, {y}): Вероятность {prob:.4f}")
```

6. Вывод вероятностей для всех возможных значений  $(x, y)$ .

7. Нахождение оптимальных значений  $(x,y)$  и соответствующего им значения функции.

Этот код перебирает все возможные значения  $(x,y)$  и выводит вероятности для каждого из них.

В данной работе для тестирования методов и проведения экспериментов над методами используются 5 тестовые функции

- функция Ackley (рисунок 1),
- функция Griewank (рисунок 2),
- функция Растригина (рисунок 3),
- функция Levy (рисунок 4),
- функция Langermann (рисунок 5).

**Функция Ackley:**

```

a = 20
b = 0.2
c = 2 * np.pi
term1 = -a * np.exp(-b * np.sqrt((x**2 + y**2) / 2))
term2 = -np.exp((np.cos(c * x) + np.cos(c * y)) / 2)
return term1 + term2 + a + np.exp(1)
Best solution: x = 0, y = 0
Optimization value: 0.0000
    
```

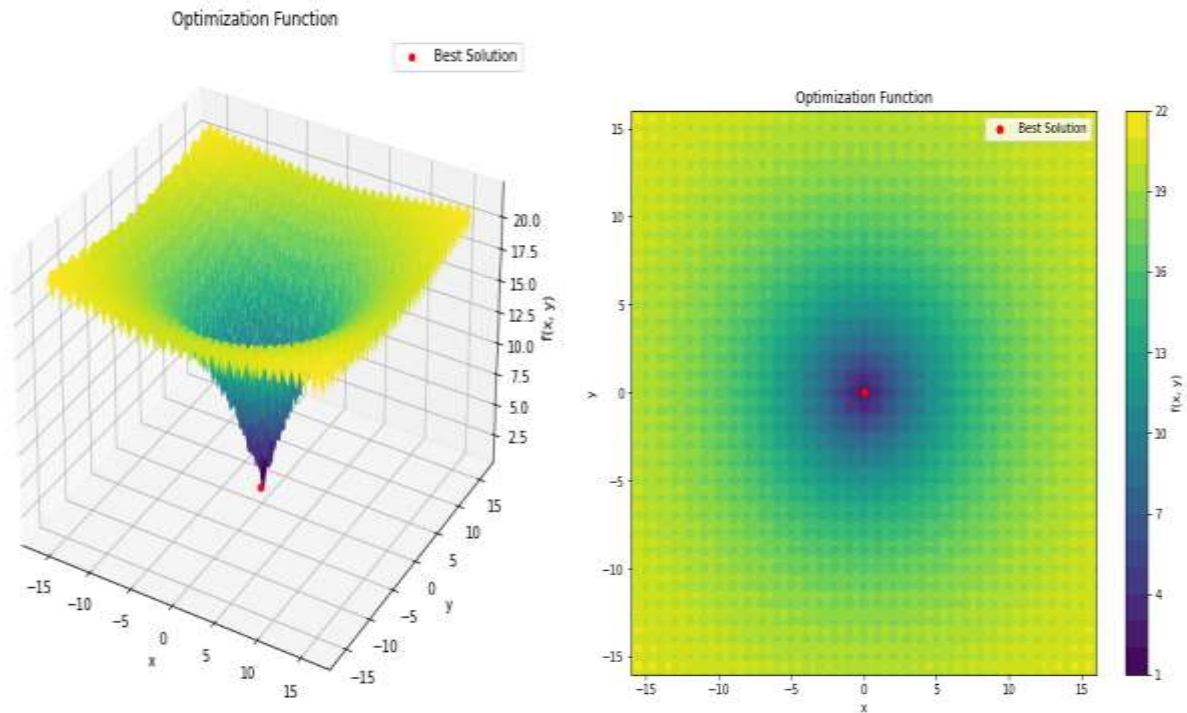


Рисунок 1 - Функция Ackley

$$f(x) = -a \exp\left(-b \sqrt{\frac{1}{d} \sum_{i=1}^d x_i^2}\right) - \exp\left(\frac{1}{d} \sum_{i=1}^d \cos(cx_i)\right) + a + \exp(1)$$

Глобальный минимум:

$$f(x^*) = 0, \quad x^* = (0, \dots, 0).$$

**VQE:** xmin = 0.0000 0.0000; opt = 4.1940e-021;

**QGPM:** xmin = 0.0000 0.0000; opt = 1.9116e-024;

**QGA:**

$d=10$ , количество находений глобального минимума 88%, число вычислений целевой функции не более 1350, максимальное значение 0,00725.

$d=30$ , количество находений глобального минимума 86%, число вычислений целевой функции не более 1360, максимальное значение 0,09774.

$d=50$ , количество находений глобального минимума 75%, число вычислений целевой функции не более 2495, максимальное значение 0,00991, для скрещивания отбиралось 20% популяции.



Функция Griewank:

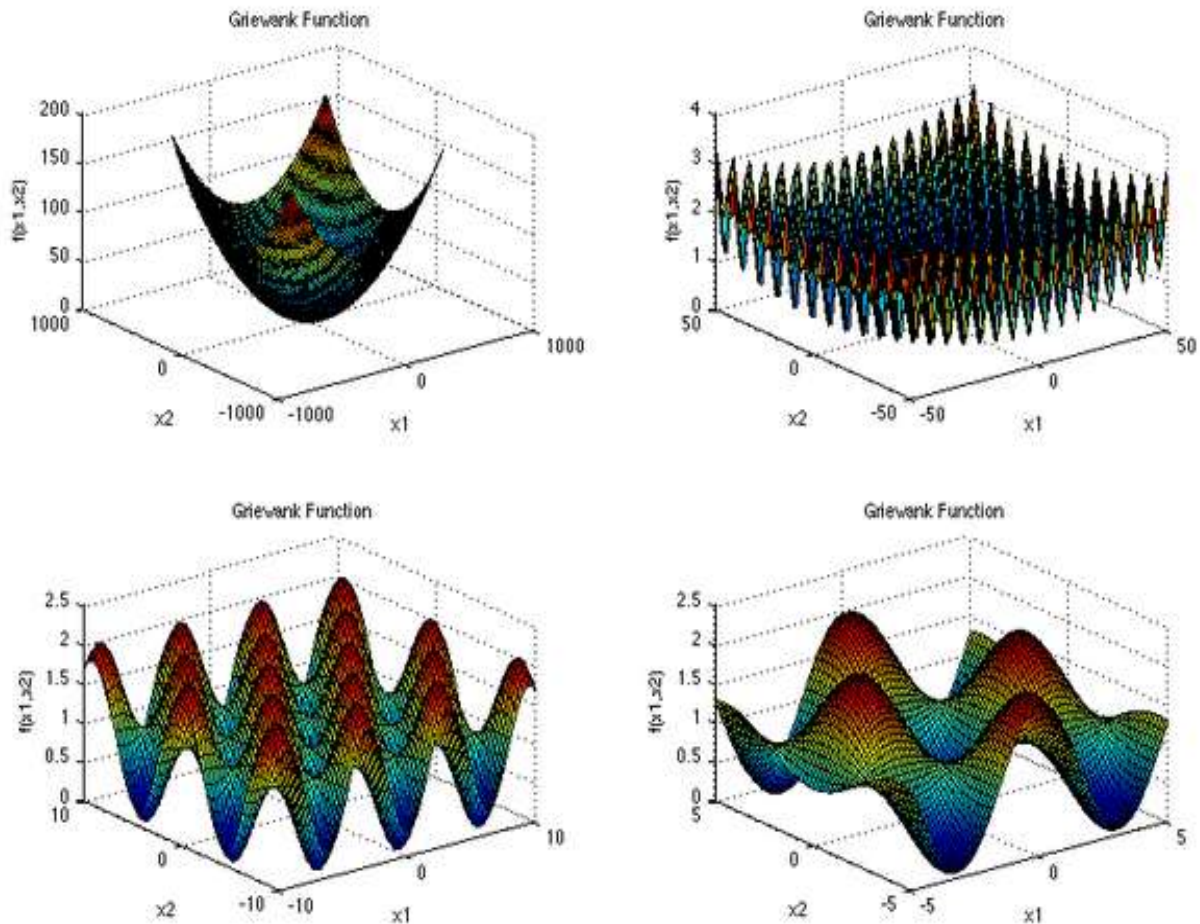


Рисунок 2 - Функция Griewank.

$$f(x) = \sum_{i=1}^d \frac{x_i^2}{4000} - \prod_{i=1}^d \cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) + 1$$

Область определения:

$$x_i \in [-600, 600], i = 1, \dots, d.$$

Глобальный минимум:

$$f(x^*) = 0, \quad x^* = (0, \dots, 0).$$

**VQE:** xmin = 0.0000 0.0000; opt = 5.1915e-014;

**QGPM:** xmin = 0.0000 0.0000; opt = 1.9973e-022;

**QGA:**

$d=10$ , количество находений глобального минимума 87%, число вычислений целевой функции не более 1340, максимальное значение 0,01072.

$d=30$ , количество находений глобального минимума 85%, число вычислений целевой функции не более 1470, максимальное значение 0,06933.

$d=50$ , количество находений глобального минимума 79%, число вычислений целевой функции не более 2497, максимальное значение 0,01953, для скрещивания отбиралось 40% популяции.

В таблице 1 приведен сравнительный анализ результатов.

**Таблица 1**

**Сравнительный анализ результатов**

Вид модели	Variational Quantum Eigensolver (VQE)	Quantum Gaussian Process Modeling, QGPM	Quantum Genetic Algorithm, QGA	Квантовый алгоритм Гровера
N=8	6	8	8	2
N=16	8	10	16	3
N=32	16	16	48	4
N=64	48	32	100	6

В заключении можно отметить, что квантовые алгоритмы оптимизации, такие как алгоритм Гровера, представляют собой мощные инструменты для решения сложных задач оптимизации. Они обладают способностью обрабатывать большие объемы данных и находить оптимальные решения на основе квантовых принципов.

**4. Заключение.** Алгоритм Гровера позволяет выполнять поиск среди неупорядоченных данных значительно быстрее, чем классические алгоритмы. Это делает его полезным во многих областях, включая оптимизацию, машинное обучение, финансы, логистику и другие. Главное преимущество Гровера заключается в его способности быстро находить искомый элемент в неупорядоченном списке или базе данных. Классические алгоритмы требуют проверки каждого элемента последовательно, в то время как Гровер может найти решение значительно быстрее. Алгоритм Гровера обеспечивает квадратичное ускорение по сравнению с классическими алгоритмами. Это означает, что при удвоении размера базы данных количество запросов к базе уменьшается в четыре раза. Алгоритм не зависит от специфики данных или конкретной задачи. Он может быть применен к любой задаче поиска, что делает его универсальным инструментом для решения разнообразных задач оптимизации и использует квантовую параллелизацию для одновременной обработки множества состояний. Это делает его более эффективным в сравнении с классическими алгоритмами.

Однако важно отметить, что Алгоритм Гровера также имеет ограничения, включая необходимость знания числа элементов в базе данных и требование квантового оракула для доступа к данным. Квантовые алгоритмы оптимизации имеют потенциал изменить способ, которым мы решаем сложные задачи в будущем. Однако на данный момент они все еще находятся в стадии активного исследования и развития. Развитие квантовых вычислений и алгоритмов будет играть важную роль в развитии новых методов оптимизации и улучшении эффективности решения различных задач.

**Список литературы**

- [1] Grover L.K. Quantum Mechanics Help in Searching for a Needle in a Haystack // Phys. Rev. Lett. 1997. V.78. №2. P.325-328. См. перевод Гровер Л.К. Квантовая механика помогает найти иголку в стоге сена // сб. «Квантовый компьютер и квантовые вычисления». Т.1. Ижевск. РХД. 1999. с.101-109.
- [2] Shor P. Polynomial-Time Algorithms for Prime Factorization and Discrete Logarithms on a Quantum Computer. LANL Report quant-ph/9508027.1995. 28p.
- [3] Deutsch D. Quantum Theory, the Church-Turing Principle and the Universal Quantum Computer // Proc. Roy. Soc. London. 1985. V.A400. №1818. P.97-117. См. перевод Дойч Д. Квантовая теория принципа Черча-Тьюринга и универсальный квантовый компьютер // сб. «Квантовый компьютер и квантовые вычисления». Т.2. Ижевск. РХД. 1999. с.157-189.
- [4] Молл, Николай; Баркутос, Панайотис; Бишоп, Лев С.; Чоу, Джерри М.; Кросс, Эндрю; Этгер, Даниэль Дж.; Филипп, Стефан; Фюрер, Андреас; Гамбетта, Джей М.; Ганцхорн, Марк; Кандаля, Абинав; Меццакапо, Антонио; Мюллер, Питер; Рисс, Вальтер; Салис, Джан; Смолин, Джон; Тавернелли, Ивано; Темме, Кристан (2018). "Квантовая оптимизация с использованием вариационных алгоритмов на квантовых устройствах ближнего действия". Квантовая наука и технология. 3 (3): 030503. arXiv:1710.01022. Bibcode:2018QS & T....3c0503M. doi:10.1088/2058-9565/aab822. S2CID 56376912.
- [5] Холево А.С. Введение в квантовую теорию информации. М. МЦНМО. 2002. 128с.

- [6] Вибе, Натан; Браун, Дэниел; Ллойд, Сет (2 августа 2012). "Квантовый алгоритм подгонки данных". *Physical Review Letters*. 109 (5): 050505. arXiv:1204.5242. Bibcode:2012PhRvL.109e0505W. doi:10.1103/PhysRevLett.109.050505. PMID 23006156. S2CID 118439810.
- [7] Холево А.С. Вероятностные и статистические аспекты квантовой теории. Издание 2-е, дополненное. Москва-Ижевск. Институт компьютерных исследований. 2003. 410 с.
- [8] Монтанаро, Эшли (12 января 2016). "Квантовые алгоритмы: обзор". *Квантовая информация о прj. 2*: 15023. arXiv:1511.04206. Bibcode:2016npjQI...215023M. doi:10.1038/npjqi.2015.23. S2CID 2992738
- [9] Zee H.D. Roots and Fruits of Decoherence // *Seminaire Poincare*. 2005. p.115-129.; Zurek W.H. Decoherence and the Transition from Quantum to Classical- Revisited// *Ibid*. p.1-23.
- [10] Рамана, Мотакури В. (1997). "Точная теория двойственности для полуопределенного программирования и последствия ее сложности". *Математическое программирование*. 77: 129-62. doi:10.1007/BF02614433. S2CID 12886462.
- [11] Богданов Ю. И. Основные понятия классической и квантовой статистики: Корневой подход // *Оптика и спектроскопия*. 2004. Т.96, №5. С.735–746.
- [12] Брандао, Фернандо Г. С. Л.; Своре, Криста (2016). "Квантовые ускорения для полуопределенного программирования". arXiv:1609.05537 [quant-ph].
- [13] Bogdanov Yu.I. Root estimator of quantum states // LANL E-print, 2003, arXiv: quant-ph/0303014. 26 p; *New Topics in Quantum Physics Research*. Nova Science. 2006. pp. 129-162.
- [14] Bogdanov Yu.I., Brida G, Genovese M., Kulik S.P., Moreva E. V., Shurupov A.P. Statistical Estimation of the Efficiency of Quantum State Tomography Protocols // *Phys. Rev. Lett*. 2010. V.105. 010404. 4p.
- [15] Нильсен М, Чанг И. Квантовые вычисления и квантовая информация: Пер. с англ. Под ред. М.Н. Вялого и П.М. Островского с предисловием К.А. Валиева. - М.: Мир. 2006. 824 с.

УДК. 621.362+004.942

**SIMULATION OF THE INFLUENCE OF INCREASING CURRENT DENSITY IN  
p- and n- BRANCHES OF THERMOELECTRIC GENERATORS ON THERMAL  
PROCESSES**

А.М. Kasimakhunova, М.А. Norbutaev

*Fergana Polytechnic Institute,*  
[nmasudjon@gmail.com](mailto:nmasudjon@gmail.com), tel:93 737 91 08  
(Received on July 19 th, 2024)

**Аннотация.** В данной статье описан процесс моделирования влияния увеличения плотности тока в ветвях термоэлектрического генератора на процессы преобразования тепла в его объеме с помощью программного средства *Comsol Multiphysical*. Кроме того, поясняются процессы установления электрических токов в компонентах термобатарей, явление теплопередачи в твердых телах, термоэлектрический эффект, электромагнитный источник тепла, предельные значения термоэлектрического эффекта, температурная связь.

**Ключевые слова:** термоэлектрический генератор, *Comsol Multiphysicals*, термонара, температурная зависимость.

**Annotation.** This article describes the process of modeling the influence of changes in electric current density in the branches of a thermoelectric generator on the processes of heat conversion in its volume. For this purpose *Comsol Multiphysics* software was used. Using the program, changes in the distribution of heat and temperature inside thermocouples with varying current density were analyzed. This is an important parameter for optimizing the efficiency of thermoelectric generators. The article also explains the processes of establishing electric currents in thermopile components, the phenomenon of heat transfer in solids, the thermoelectric effect, electromagnetic heat source, the limits of the thermoelectric effect and temperature coupling.

**Key words:** thermoelectric generator, *Comsol Multiphysics*, thermocouple, temperature dependence.

**Аннотация.** Ushbu maqolada, termoelektrik generatorlarni shoxchalaridagi tok zichligini ortishi uning hajmidagi issiqlikka aylanish jarayonlariga ta'sirini *Comsol Multiphysics* dasturiy vositasidan foydalanib, modellashtirish jarayoni yoritilgan. Bundan tashqari, termobatareyani tashkil etuvchi elementlaridagi elektr toklarni o'zg, Qattiq jismlarda issiqlik uzatish hodisasi, Termoelektrik Effekt, Elektromagnit issiqlik manbai, Termoelektrik Effekt Chegaraviy qiymatlari, Haroratni ulash kabi sozlamalarni amalga oshirish jarayonlari yoritib berilgan.



