

**Институт физики им. академика Ж.Жеенбаева
Национальной академии наук Кыргызской Республики**

ISSN 1694-6634

www.iopjournal.org

эл.почта: info@iopjournal.org

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ФИЗИКА

ИЛИМИЙ ЖУРНАЛЫ

2020, №1

Кыргызстан, г. Бишкек

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ФИЗИКА

Учредитель:

Институт физики им. академика
Ж.Жеенбаева Национальной
академии наук Кыргызской
Республики

Журнал зарегистрирован в
Министерстве юстиции
Кыргызской Республики.
Свидетельство о регистрации
№1418 от 13 июня 2008г.
ISSN 1694-6634

Редакционная коллегия:

Главный редактор,
д.ф.-м.н., профессор **Жеенбаев Н.Ж.**

Зам. главного редактора, д.ф.-м.н.,
профессор **Касмамытов Н.К.**

Ответственный секретарь,
к.ф.-м.н. **Мамытбеков У.К.**

Члены редколлегии:

А.Ж. Жайнаков	Академик НАН КР	(Кыргызстан)
А.А. Кутанов	Академик НАН КР	(Кыргызстан)
Т.С. Рамазанов	Академик НАН РК	(Казахстан)
М.М. Кидибаев	Член-корр. НАН КР	(Кыргызстан)
Э.М. Мамбетакунов	Член-корр. НАН КР	(Кыргызстан)
Б.В. Шульгин	д.ф.-м.н., профессор	(Россия)
Т.Н. Нурахметов	д.ф.-м.н., профессор	(Казакстан)
С. Джуманов	д.ф.-м.н., профессор	(Узбекистан)
М.Имаев	д.ф.-м.н., профессор	(Россия)
А.А. Назаров	д.ф.-м.н., профессор	(Россия)
В.Н. Фоломеев	д.ф.-м.н., профессор	(Кыргызстан)
Р.М. Султаналиева	д.ф.-м.н.	(Кыргызстан)
Н.К. Джаманкызов	д.ф.-м.н.	(Кыргызстан)
Г.Дж. Кабаева	д.ф.-м.н.	(Кыргызстан)
А.Т. Татыбеков	д.т.н.	(Кыргызстан)
В.Ю. Иванов	к.ф.-м.н.	(Россия)
К.Х. Хайдаров	к.ф.-м.н.	(Кыргызстан)
К.К. Талыпов	к.т.н.	(Кыргызстан)
Дж.А. Исмаилов	к.т.н.	(Кыргызстан)
Б.Б.Саякбаева	к.ф.-м.н.(техн.секр-рь)	(Кыргызстан)

Адрес редакции:

720071, Кыргызская Республика,
г.Бишкек, проспект Чуй, 265-а

Тел.: +(312)64-62-90
Факс: +(312)43-11-69, 43-11-71
E-mail: ulan-mk@bk.ru



**ШАРШЕЕВ КАНЫБЕК
ШАРШЕЕВИЧ**

**Физика-математика илимдеринин доктору, профессор
Шаршеев Каныбеке 70 жыл**

Шаршеев Каныбек – катуу заттардын физикасы боюнча белгилүү адис. Ал 1950-жылы 25-майда Ысык-Көл облусунун Жети-Өгүз районундагы Боз-Бешик айылында, туулган. 1972-жылы Кыргыз Мамлекеттик университетинин физика факультетин ийгиликтүү аяктап, Кыргыз ССРынын Элге билим берүү министрлигинин жолдомосу менен Пржевальск педагогикалык институтуна окутуучулук кызматка жиберилип, 1972-жылдан 1976-жылга чейин окутуучу, ага-окутуучулук кызматта иштеген. 1974-жылы Социалисттик мелдештин жеңүүчүсү төш белгиси менен сыйланган.

1976-1979 жылдары Кыргыз ССРнын Илимдер Академиясынын Физика институтунун аспиранты, 1979-1985 жылдары ушул эле институттун кенже илимий кызматкери.

1985-жылы Свердловск шаарында кандидаттык диссертациясын ийгиликтүү коргоп, физика-математика илимдеринин кандидаты даражасына ээ болгон. Ушул эле жылы Кыргыз ССРнын Элге билим берүү министрлигинин жолдомосу менен окуу жайдын илимий потенциалын жогорулатуу максатында Пржевальск педагогикалык институтуна жиберилген. 1985-2012 жылдары ушул институтта (кийинчерек К.Тыныстанов атындагы Ысык-Көл мамлекеттик

университети ЫМУ болуп, кайра түзүлгөн) кафедра башчысы, факультеттин деканы, К. Тыныстанов атындагы ЫМУнун илимий өндүрүштүк борборунун, андан соң ЫМУнун нанотехнологиялар борборунун мүдүрү кызматтарында иштеген. 2000-жылы катуу заттар физикасы боюнча докторлук диссертациясын ийгиликтүү коргогон. 2002 – жылдан бери профессор, Кыргыз Республикасынын Инженердик Академиясынын анык мүчөсү – академик.

К. Шаршеев 230дан ашык илимий эмгектердин автору, анын ичинде Жалпы физика курсу боюнча кыргыз тилинде жазылган 7 томдон турган ЖОЖдор үчүн окуу китептеринин: «Механика, I том», «Молекулалык физика, II том», «Электромагнетизм, III том», «Оптика IV том», «Атомдук физика, V том», «Ядролук физика, VI том», «Катуу заттардын физикасы, VII том», «Жалпы физика» боюнча маселелер жыйнагынын 3 томдугунун: «Механика жана молекулалык физика» I том, «Электромагнетизм» II том, «Атомдук физика, ядролук физика, катуу заттардын физикасы» III том, 1 физикалык терминдердин сөздүгүнүн, 6 илимий монографиясынын, 17 окуу куралдарынын, 1 СССРдин жана автордук күбөлүгүнүн, РФ тин 3 жана КР нын 11 автордук патенттеринин ээси. ЮНЕСКОнун каржылоосу менен химия предмети боюнча мектептер үчүн кыргыз тилинде жазылган окуу куралын даярдаган.

К.Шаршеевдин ЖОЖдор үчүн кыргыз тилинде жазылган «Физика» боюнча окуу китептери, куралдары, жолдомолору Республиканын баардык окуу жайларында колдонуп келүүдө. Кыргыз тилин өркүндөтүүгө кошкон салымы үчүн, 2008-жылы Кыргыз Республикасынын Президентине караштуу Мамлекттик тил боюнча улуттук комиссиясынын төш белгиси менен сыйланган.

К. Шаршеевдин билим берүүдөгү эмгеги жогору бааланып, Кыргыз ССР нын Элге билим берүү министрлигинин, СССР дин жогорку окуу жайларынын жана илимий мекемелеринин профсоюздарынын Ардак Грамоталары, «Кыргыз Республикасынын Эл агартуусунун мыктысы» төш белгиси, «Кыргыз Республикасынын Ардак Грамотасы» менен сыйланган.

Улуттук тилде табигый илимге тиешелүү окуу китебинин толук түрмөгүнүн жазылышы КМШ өлкөлөрүнүн ичинде алгачкылардан болуп, башка түрк тилдүү мамлекеттерге үлгү экенин баса белгилеп кетүүбүз керек.

Ушуну менен бирге эле К.Шаршеев Кыргыз Республикасына белгилүү, көрүнүктүү илимпоз педагог. Анын тарбиялаган окуучулары Республикабызда гана эмес, кошуна Казакстан, Өзбекстан, Тажикстан жана Түркия, Кытай мамлекеттеринде эмгектенишүүдө. К. Тыныстанов атындагы Ысык-Көл мамлекеттик университетинде иштеген жылдары К. Шаршеев «Оптикалык спетроскопия» жана «Кристаллдарды өстүрүү» илимий лабораторияларын, ошондой эле, ЫМУнун илимий «Өндүрүштүк борборун» жана «Нанотехнологиялар борборун» уюштуруп, бул лабораторияларда жүргүзүлгөн илимий иштердин негизинде илимдин кандидаттарын даярдап, Ысык-Көл облусунун билим-илимин жогорулатууга чоң салым кошкон.

К. Шаршеев Ысык – Көл облусунда радиациялык абалын көзөмөлдөө илимий иштеринде активдүү катышкан.

«Ысык – Көл көлүнүн селитебдүү зонасын импактуу экологиялык мониторинг үчүн талдоочулук жана маалыматтык базаны түзүү» Эл аралык долбооруна, жана «Кыргыз Республикасынын айлана чөйрөсүн коргоо» улуттук долбооруна активдүү катышып, Ысык – Көл облусундагы кен калдыктары жана табигый булактардан болгон, облустун калкына зыян келтирүүчү радиациялык коркунучтан сактануу, жана алдын алуу боюнча олуттуу илимий иштерди аткарууга активдүү катышкан.

К. Шаршеев 2012-жылдан бери Кыргыз Республикасынын Улуттук Илимдер Академиясынын «Физика-техникалык көйгөйлөр жана материал таануу» институтунун кристаллофизика лабораториясынын башкы илимий кызматкери, 2012-2017-жж Ж. Баласагын атындагы Кыргыз Улуттук Университетинин «Теориялык физика жана электроника» кафедрасынын профессору, 2017-жылы «Физика жана электроника» факультетинин деканынын милдетин аткаруучу болуп эмгектенген. Доктордук диссертацияларды коргоочу Д.01.14.002-атайын кеңешинин мүчөсү. Институтта иштеген мезгилде Шаршеев К. өзүн дасыккан адис, илимий маселелерди кое жана чече алган илимпоз, жаш окумуштуулардан кеңешин аябаган устат катарында көргөздү, чынчыл, принципиалдуу, жамаатта татыктуу беделге ээ. Кыргыз Республикасынын илимине кошкон салымы жогору бааланып 2015-жылы И.К. Ахунбаев атындагы Академиялык сыйлыктын лауреаты наамына татыктуу болгон. Илимдеги жана билим берүүдөгү бараандуу ишмердүүлүгү үчүн Шаршеев Каныбекке 2020-жылы «Ысык-Көл облусунун ардактуу атуулу» наамы ыйгарылды.

УДК: 548.4.537.635

НУРЛАНТЫЛГАН LiKSO_4 КРИСТАЛЛЫНДА Cu^{2+} КОШУЛМА ИОНУНУН ЖЕРГИЛИКТҮҮ ЖЕТИШПЕГЕНДИКТЕР МЕНЕН АРАКЕТТЕШҮҮСҮ

¹ А. Ганыева, ² Н.Ж. Казыбекова, ³ Н. Райымкул кызы, ³ К. Шаршеев

¹ КР Ж. Баласагын атындагы КУУнун физика жана электроника факультети 720033, Кыргыз Республикасы, Бишкек ш, Абдымомунов к. – 238

² КРнын Куралдуу Күчтөрүнүн Аскердик Институту, Табигый илимдердин дисциплиналары кафедрасы 720076, Кыргыз Республикасы, Бишкек ш, П. Лумумбы к - 6

³ КР УИАнын акад. Ж.Ж. Жеенбаев атындагы физика институту 720071, Кыргыз Республикасы, Бишкек ш, Чүй пр. 265-а

Анотация: Макалада таза жана Cu^{2+} кошулма иону кошулган LiKSO_4 кристаллын рентген нуру менен нурлантууда пайда болгон радиациялык жетишпегендиктердин жана кошулма иондун өз-ара аракеттешүүлөрү, аракеттешүүнүн натыйжасында жергиликтүү жетишпегендиктердин касиеттеринин өзгөрүшү, алардын пайда болуу мүмкүнчүлүктөрүнүн ыктымалдуулугу баяндалды.

Урунттуу сөздөр: кристалл, электрондук парамагниттик резонанс, вакансия, ион-радикал, катион, ЭПР спектри, ЭПР сызыгы.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИМЕСИ Cu^{2+} ОБЛУЧЕННОГО КРИСТАЛЛА LiKSO_4 С МЕСТНЫМИ ДЕФЕКТАМИ

Анотация: В статье рассмотрены взаимодействие примесей и собственных радиационных дефектов возникшие при облучении кристаллов LiKSO_4 с примесью двух валентной меди (Cu^{2+}). Излагаются результаты исследования влияния взаимодействия примесного иона и радиационных дефектов, на вероятность образования локальных центров.

Ключевые слова: кристалл, электронный парамагнитный резонанс, вакансия, ион-радикал, катион, спектр ЭПР, линия ЭПР.

INTERACTIONS OF A Cu^{2+} IMPURITY IN AN IRRADIATED LiKSO_4 CRYSTAL WITH LOCAL DEFECTS

Abstract: The article deals with the interaction of impurities and intrinsic radiation defects arising from the irradiation of LiKSO_4 crystals with an impurity of bivalent honey (Cu^{2+}). The results of a study of the influence of the interaction of an impurity ion and radiation defects on the probability of the formation of local centers are presented.

Key words: crystal, electron paramagnetic resonance, vacancy, radical ion, cation, EPR spectrum, EPR line.

Киришүү

Жегичгалоиддик кристаллдардагы радиациялык жетишпегендиктер (атап айтканда, катиондук жана аниондук ваканциялар - v_c^- , v_a^+ , түйүндөр ортосундагы атомдор жана галоиддин иондору $[X_2^-]_a^0$, $[X_3^-]_{aca}^0$, $[X^-]_i^-$ ж.б.), кошулма иондор жана атомдор менен эффективдүү турукташып, натыйжада A^2V_c , $A^0v_c^+$, $H_2(A^{2+})$, $V_{2z}(A^{2+})$ ж.б. боелуунун кошулмалык борборлору пайда болушат.

Курамына ар башка катиондорду, ар кандай жергиликтүү симметрияга ээ катиондук орундарды камтыган, таза жана кошулмалуу сульфаттык кристаллдарда радиациялык нурлантуунун таасирин изилдөө, кошулма ион менен кристаллдын өздүк жетишпегендиктеринин өз ара аракеттешүүсүнүн өзгөчөлүктөрүн ачып көрсөтүүгө мүмкүндүк берет.

Тажрыйба

Таза жана курамына эки валенттүү жездин иондору кошулма катары киргизилген $LiKSO_4$ кристаллы каныккан суу эритиндиси $40^\circ C$ температурада изотермалык буулантуу ыкмасы менен өстүрүлдү [1]. Кошулма эритиндиге $Cu(SO_4)_3 \cdot 5H_2O$ түрүндө 10 Г/л өлчөмүндө кошулду. Кристаллдардын өсүшү баштапкы эритиндиге бир нече тамчы күкүрт кислотасын кошкондон кийин башталат. Кошулмасыз кристаллдар түссүз болушса, кошулманын кошулушу менен көгүлжүм түстөгү кристаллдар алынды.

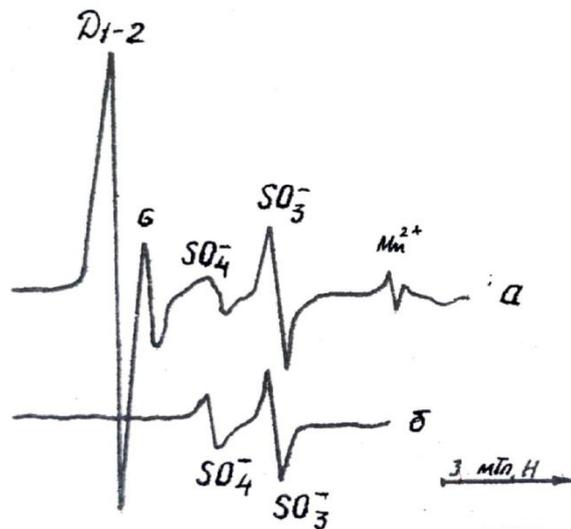
Кристаллдын ЭПР спектри X - тилкесинде иштеген РЭ-1307 радиоспектрометринде бөлмөлүк температурада тартылды. Таза жана кошулмалуу кристаллдардын спектрлерин салыштырууда бирдей массадагы үлгүлөр колдонулуп, температуранын таасирин изилдөө үлгүлөрдү бөлмөлүк температурадан $300^\circ C$ ка чейин $5^\circ C$ тук интервал менен ысытуудан кийин спектрлердин өзгөрүшүн каттоо аркылуу жүргүзүлдү.

Рентген нуру менен нурлантылган $LiKSO_4: Cu^{2+}$ кристаллынын ЭПР спектри

Рентген нуру менен нурлантылган таза $LiKSO_4$ кристаллынын ЭПР спектринде SO_4^- , SO_3^- ион-радикалдарына тиешелүү ЭПР сызыкчалары [2], ал эми Cu^{2+} иону кошулган $LiKSO_4$ кристаллынын ЭПР спектринде Cu^{2+} ионуна тиешелүү ЭПР сызыкчалары байкалган [3].

Атайын адабияттарда кристаллдарга кошулма ион кошулгандан кийин деле, радиациялык аракет этүүнүн натыйжасында, ушундай эле аракеттин негизинде таза кристаллдарда пайда болгон чекиттик жетишпегендиктердин байкалары белгиленген [4]. Экинчиден, радиациялык аракет этүүнүн натыйжасында кристаллдын курамындагы кошулма иондун валенттүүлүгү өзгөрө тургандыгы бизге белгилүү [5]. Ошондуктан $LiKSO_4$ кристаллын рентген нуру менен нурлантканда анын курамында өздүк жетишпегендиктердин пайда болушуна кошулма Cu^{2+} ионунун таасир көргөзүшү күтүлөт.

Чындыгында эле, рентген нуру менен нурлантууда Cu^{2+} кошулма иону кошулган LiKSO_4 кристаллынын ЭПР спектринде бир катар өзгөчөлүктөр байкалды. Биринчиден, кошулма Cu^{2+} ионуна тиешелүү ЭПР сызыкчаларынын интенсивдүүлүктөрү нурлантуу дозасынын өсүшү менен кичирейди. Экинчиден, рентген нуру менен нурлантылган $\text{LiKSO}_4:\text{Cu}^{2+}$ кристаллынын ЭПР спектринде, рентген нуру менен нурлантылган таза жана Cu^{2+} кошулма иону кошулган, нурлантылбаган LiKSO_4 кристаллынын ЭПР спектринде байкалбаган жаңы ЭПР сызыкчалары байкалды (1-сүр.). Жаңы пайда болгон ЭПР сызыкчалары кристаллдын кристаллографиялык C огу тышкы магнит талаасынын багытына жарыш болгондо ачык байкалат.



1-сүрөт. Нурлантылган LiKSO_4 кристаллынын ЭПР спектри
 а) Cu^{2+} кошулмасы кошулган LiKSO_4 кристаллы В//С, $T=300\text{K}$
 б) Таза LiKSO_4 кристаллы В//С, $T=300\text{K}$.

Келтирилген сүрөттө бул ЭПР сызыкчалары D_1 , D_2 жана G тамгалары менен шарттуу түрдө белгиленди. Кристаллдын «аа*», «а*с» жана «са» тегиздиктерин тышкы магнит талаасына салыштырмалуу айлантууда алынган D_1 , D_2 жана G ЭПР сызыкчаларынын бурчтук көз карандылыктарынан төмөндөгүдөй өзгөчөлүктөр байкалды:

1. Н//С багытында D_1 жана D_2 ЭПР сызыкчалары магнит талаасындагы абалы боюнча дал келишет, ал эми G ЭПР сызыкчасы өзүнүн магнит талаасындагы абалы боюнча D_1 жана D_2 ЭПР сызыкчалары менен дал келишпейт. Демек, мындан D_1 , D_2 жана G сызыкчалары ар башка чекиттик жетишпегендиктерге тиешелүү боло тургандыгы жөнүндө тыянак чыгарсак болот.
2. D тобуна тиешелүү ЭПР сызыкчаларынын интенсивдүүлүктөрү G ЭПР сызыкчасынын интенсивдүүлүгүнө караганда 7 эсе чоң. Демек,

чындыгында эле G ЭПР сызыкчасына Д ЭПР сызыкчаларына тиешелүү болгон ион-радикалдардан айырмаланган ион-радикалдар тиешелүү жана курамында Cu^{2+} иону бар LiKSO_4 кристаллын рентген нуру менен нурлантканда бул ион-радикалдардын пайда болуусу начарырак.

3. G ЭПР сызыкчасы бардык үч «aa*», «a^{*}c» жана «ca» тегиздиктеринде ажыроого ээ болбойт, ал эми Д₁ жана Д₂ тамгалары менен белгиленген ЭПР сызыкчалары «a^{*}c» жана «ca» тегиздиктеринде ар бири экиге бөлүнүп кетишет. Демек, мындан G ЭПР сызыкчасына тиешелүү ион-радикал кристаллда 1 магниттик абалга ээ, ал эми Д ЭПР сызыкчаларына тиешелүү ион радикал 4 магниттик эквиваленттүү эмес абалга ээ деген жыйынтыкка келсек болот.
4. Тажрыйбадан алынган жыйынтыктарды колдонуп Д жана G ЭПР сызыкчаларына туура келүүчү жетишпегендиктерди мүнөздөөчү g-факторлордун маанилерин эсептеп чыктык (таблица 1).

Таблица 1.

ЭПР сызыкчасы	g-фактордун мааниси	Багыттоочу косинустардын маанилери		
		a	a [*]	c
Д ₁	g ₁ =1,9967	±0,6969	0,5815	0,4196
	g ₂ =2,0126	±0,5362	0,8324	0,1395
	g ₃ =2,0523	±0,4390	0,1173	0,8908
Д ₂	g ₁ =1,9967	±0,4479	0,7711	0,4523
	g ₂ =2,0126	±0,5362	0,8324	0,1395
	g ₃ =2,0523	±0,2339	0,4172	0,8781
G	g ₁ =2,0049	1	0	0
	g ₂ =2,0162	0	1	0
	g ₃ =2,0346	0	0	1

Талкулоо

Таблицада келтирилген Д жана G ЭПР сызыкчаларына тиешелүү ЭПР чоңдуктарын талдоодо биз төмөндөгү мүмкүнчүлүктөрдү карайбыз.

Биринчиден, рентген нуру менен нурлантууда кошулма Cu^{2+} ионуна тиешелүү ЭПР сызыкчаларынын интенсивдүүлүктөрүнүн азайышы, радиациялык аракет этүүнүн натыйжасында кристаллдагы кошулма иондун саны азая тургандыгын далилдейт. Кошулма иондун санынын өзгөрүшү радиациялык аракеттин астында кошулма иондун валенттүүлүгүнүн өзгөрүшү менен түшүндүрүлөт. Нурлантуу процессинде кошулма иондун валенттүүлү электронду кармап алуу менен төмөндөшү ($\text{Cu}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+}+e$) жана көзөнөктү кармап алуу менен жогорулашы ($\text{Cu}^{3+} \rightarrow \text{Cu}^{2+}+h$) мүмкүн. Cu^+ ионунун

электрондук конфигурациясы $3d^{10}$ жана анын жалпы спини $S=0$. Ошондуктан мындай иондор парамагниттүү болушпайт. Ал эми электрондук конфигурациясы $3d^8$ болгон Cu^{3+} иону үчүн, интенсивдүүлүктөрүнүн катышы болжол менен 1:3:1 болгон 3 ЭПР сызыкчасынын тобунун байкалышы мүнөздүү жана бул ЭПР сызыкчаларынын анизотропиясы магнит талаасында бир нече Теслага барабар болушу керек. (Биздин учурда Д жана G ЭПР сызыкчаларынын анизотропиясы 10 мТл дан ашпайт).

Экинчиден, Д жана G жетишпегендиктери SO_4^- , SO_3^- , SO_2^- ион радикалдары болушу мүмкүн эмес, себеби бул ион-радикалдарга тиешелүү ЭПР сызыкчалары магнит талаасындагы абалы жана g- факторлорунун маанилери боюнча Д жана G сызыктарынан айырмаланып турушат. Демек, Cu^{2+} кошумча иону кошулган $LiKSO_4$ кристаллын нурлантканда пайда болгон Д жана G сызыкчаларынын g- факторлорун талдоо менен төмөнкүдөй жыйынтыкка келүүгө болот. Бул сызыкчалардын g-факторлорунун маанилери жездин ар кандай валенттүүлүктөгү иондорунун g- факторлоруна караганда SO_4^- ион-радикалынын g- факторлорунун маанисине жакыныраак. Ошондуктан Д жана G сызыкчалары SO_4^- ион-радикалына тиешелүү болбосо да, ушул ион-радикалдын кристаллдагы башка бир жетишпегендиктер менен болгон жыйындысына тиешелүү болушу мүмкүн. Мындай жыйындыны түзүүчү жетишпегендик болуп, $LiKSO_4$ кристаллына Cu^{2+} ионун кошкон кезде кристаллдын курамында пайда болуучу Li^+ жана K^+ иондорунун вакансиялар эсептелинет. Демек, Д жана G ЭПР сызыкчалары $V_{Li}^-SO_4^-$ жана $V_K^-SO_4^-$ комплекстери болушу мүмкүн. Мындай комплекстердин пайда болушу башка сульфаттык кристаллдарга мурда кезиккен болуучу [6].

$LiKSO_4$ кристаллы гексагоналдык сингонияга ээ болуп, элементардык уячасында $LiKSO_4$ түн эки молекуласы жайланышып, калийдин иондору SO_4^{2-} аниондору пайда кылган октаэдрлик боштуктарды, литийдин иондору тетраэдрлик боштуктарды ээлешет [7,8]. Li^+ ионунун иондук радиусу $R_{Li}^+ = 0,68 \text{ \AA}$ ге, K^+ ионунуку $R_K^+ = 1,33 \text{ \AA}$ ге барабар. Кошулма катары кошулган Cu^{2+} ионунун иондук радиусу $R_{Cu}^{2+} = 0,800 \text{ \AA}$. Кристаллдардагы Cu^{2+} комплекстери чегинде жалпак квадратка өтүп кетүүчү бузулган октаэдрдин же тетраэдрдин формасына ээ болушу мүмкүн. $LiKSO_4$ кристаллында кошулма Cu^{2+} иону тиешелүү түрдө K^+ же Li^+ катиондорун кычкылтектин октаэдрлеринде же тетраэдрлеринде алмаштыруулары мүмкүн. Иондук радиустарды салыштыруу кошулма ион Cu^{2+} тун K^+ катионун алмаштыруу мүмкүнчүлүгү чоң боло турганын күбөлөйт.

Бөлмөлүк температурада тртылган $LiKSO_4Cu^{2+}$ кристаллынын ЭПР спектринде шарттуу түрдө эки топко бөлүп жиберүүгө боло турган, Cu^{2+} ионуна тиешелүү 8 ЭПР сызыгы байкалат [3]. Бул ЭПР сызыктарынын А тобуна тиешелүүлөрүнүн интенсивдүүлүктөрү В тобуна тиешелүүлөрдүн интенсивдүүлүктөрүнө караганда эки эсеге чоң. Мындан Cu^{2+} кошулма иону $LiKSO_4$ кристаллында эки эквиваленттүү эмес абалда K^+ же Li^+ иондорун

алмаштырат жана алмаштыруунун бир позициясынын мүмкүнчүлүгү экинчисине караганда эки эсеге чоң деп, тыянак чыгарууга болот. Демек Cu^{2+} ионунун LiKSO_4 кристаллдарында элементардык уячадагы K^+ же Li^+ катиондорун алмаштыруусу менен шартталган D_{1-2} жана G ЭПР сызыктарынын интенсивдүүлүктөрүнүн өзгөчөлүктөрүнүн себептери да Cu^{2+} ионунун элементардык уячадагы алмаштыруу өзгөчөлүктөрү менен байланышта болушу мүмкүн.

Жыйынтык

Макалада таза жана Cu^{2+} кошулмалуу LiKSO_4 кристаллын рентген нуру менен нурлантууда радиациялык жетишпегендиктердин пайда болуусунун ар кандай мүмкүнчүлүктөрү каралып, нурлантылган Cu^{2+} кошулмалуу кристаллында K^+ же Li^+ катиондорун алмаштырган кошулма Cu^{2+} иондору менен SO_4^- , SO_3^- өздүк радиациялык жетишпегендиктердин өз-ара аракеттешүүсүнүн натыйжасында эки түрдөгү D жана G тибиндеги жетишпегендиктер пайда болору баяндалды.

Адабияттар

1. Hilmy M.E. Structural crystallography Relation between Sodium sulfate and Potassium sulfate and some other synthetic sulfate minerals. The American Mineralogist, 1953, v.38, №1, p. 118-135.
2. Алыбаков А.А. Шаршеев К.Ш. Спектры ЭПР облученных монокристаллов LiKSO_4 . Изв. АН Кирг. ССР., 1981, №3, с.31-34.
3. Alybakov A.A., Gubanov V.A., Kudabaev K. and Sharsheev K. Optical absorption and EPR spectra of Cu^{2+} ions in LiKSO_4 single crystals. Phys status Sol (b) – 1988. V. 146, p.k. 135-139.
4. Марфунин А.С. Введение физики минералов – М.: Недра 1974, 324с.
5. Алыбаков А.А., Буйко В.М., Шаршеев К. Спектры ЭПР и оптического поглощения облученных кристаллов LiKSO_4 с примесью трехвалентного хрома. //Физические свойства диэлектрических кристаллов. Фрунзе, 1983.С.29-37.
6. Krystec M. ESP measurements from x-Ray irradiated BaSO_4 single Crystals – phys. Stat. Sol (a) – 1988, v.57, №171, p. 171-178.
7. Выращивание кристаллов $\text{KLiS}(\text{Cr})\text{O}_4$. Климова А.Ю., Перекалина З.Б., Смирнова Н.Л., Власова И.Н. // Проблемы кристаллологии. М.: МГУ, 1976. С.310-313.
8. Перекалина З.Б., Климов А.Ю., Беляев Л.М. Оптическая активность LiKSO_4 с примесью хрома // Кристаллография, 1978. Т. 23, вып.1. С. 124-127.

УДК: 531.424-539.533

ИЗУЧЕНИЕ ПИКНОМЕТРИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ АЛМАЗОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

К. Хайдаров, А.К. Арыков

*Институт физики им. академика Ж.Ж.Жеенбаева НАН КР,
г. Бишкек, Проспект Чуй, 265-а,
E-mail: kyrgyzalmaz@mail.ru*

Аннотация. В данной работе рассматриваются результаты изучения плотности композиционных алмазосодержащих материалов (КАМ) пикнометрическим методом. Одним из физических свойств, определяющих качество получаемых композиционных алмазосодержащих материалов является их плотность. КАМ имеют различные, а иногда сложную геометрическую форму. Значения расчетной и пикнометрической плотности образцов КАМ не совпадают. Все это можно объяснить неравномерным распределением компонентов связки и технологическими параметрами изготовления. Адаптирован пикнометрический метод определения плотности вещества.

Ключевые слова: пикнометр, пикнометрический метод, композиционный материал, плотность, дистиллированная вода.

STUDY OF PIKNOMETRIC DENSITY OF DIAMOND-CONTAINING COMPOSITE MATERIALS

K. Khaidarov, A.K. Arykov

*Institute of Physics named after academician Zh.Zh. Zheenbaeva NAS KR,
Bishkek, Chui Avenue 265-a*

Abstract. This paper discusses the results of studying the density of composite diamond-containing materials by the pycnometric method. One of the physical properties that determine the quality of the resulting composite diamond-containing materials is their density. Composite diamond-containing materials have different and sometimes complex geometric shapes. The values of the calculated and pycnometric density of samples of composite diamond - containing materials do not coincide. All this can be explained by the uneven distribution of the bundle components and the manufacturing process parameter. A pycnometric method for determining the density of a substance has been adapted.

Keywords: pycnometer, compositional, density, distilled wate.

Введение. Композиционные алмазосодержащие материалы широко используются в технике и промышленности[1-2], которые получается различными способами[3]. Одним из физических свойств определяющих качества получаемых композиционные алмазосодержащие материалы является их плотность. Композиционные алмазосодержащие материалы (КАМ) имеют различные, а иногда сложную геометрическую форму.

При определении плотности вещества образцов сложной формы вычислить объем образца через линейные размеры невозможно. В этом случае используют другие методы, среди которых так называемый пикнометрический метод[4-5].

В этой работе рассматриваются результаты определение плотности КАМ пикнометрическим методом.

Методика определение плотности КАМ. Пикнометр (от греческого "пикнос" - плотный) представляет собой сосуд, изготовленный из стекла (вследствие его малой химической активности), объем которого известен с большой точностью.

По Госстандарту при объеме пикнометра 100см³ допустимая погрешность составляет 0,12см³ , а для пикнометра высшего класса - 0.012 см³. Сосуд имеет узкое горло и глухую пробку для уменьшения испарения. Наиболее распространенный тип пикнометра имеет вид колбочки с узким горлышком, на котором нанесена метка.

Пикнометрический метод используют тогда, когда необходимо определение плотности с высокой точностью, т.к. метод при его правильном использовании трудоемок и сложен.

Одной из характеристик, описывающих физические свойства вещества, является его плотность, равная массе вещества, заключенной в единице объема:

$$\rho = m/V . \quad (1)$$

Из формулы (1) следует, что для вычисления плотности необходимо определить массу и объем исследуемого тела. Массу тела можно измерить взвешиванием, которое проводится с помощью рычажных или электронных весов.

Изготовление КАМ трапециадальной формы на металлических связках для отрезных кругов осуществлялось способом, модернизированным нами [6]. Образцы для исследований были выбраны из ранее изготовленных КАМ.

Размеры сегментов 24x7,5/6,5x7(6+1)мм, состав связок алмазного слоя 1, 2 (АС1, АС2) и расчетная плотность металлокерамической связки КАМ показаны в табл.1

Таблица 1. Состав связок и расчетная плотность алмазного слоя трапецевидного сегмента

Состав связки	Fe, % (масс)	Ni, % (масс)	Cu, % (масс)	Sn, % (масс)	Bk8, % (масс)	γ , кг/м ³
Наим.обр.						
АС1	68	12	8,8	1,2	10	8457
АС2	51	9	24	6	10	8562

Определяем плотность образца КАМ, исходя из следующих соображений. Пусть масса образца **m**, масса пустого пикнометре **m₀** и масса пикнометра, заполненного до метки пикнометра с дистиллированной водой, **m₁**. Массу

пикнометра с водой и опущенным в него с исследуемой образца КАМ обозначим m_2 .

Масса вытесненной воды будет равна $(m_1 + m - m_2)$, а ее объем, равный объему образца КАМ, определяется как

$$V = (m_1 + m - m_2) / \rho_0$$

Искомая плотность КАМ вычисляется по формуле:

$$\rho_{\text{камин}} = m / V = m \times \rho_0 / (m_1 + m - m_2) \quad (2)$$

Формула (2) описывает приближенные значения плотности, так как не учитывают потери веса КАМ при взвешивании в воздухе (архимедовою силу воздуха).

Для КАМ эта поправка определяется по формуле:

$$\lambda \times (1 - \rho_{\text{кам}} / \rho_0), \quad (3)$$

где $\lambda = 1,2 \text{ кг/м}^3$ - плотность воздуха. В результате исправленных значений плотности КАМ определяется как

$$\rho_{\text{кам.исп}} = \rho_{\text{кам}} + \lambda \times (1 - \rho_{\text{кам}} / \rho_0), \quad (4)$$

где $\rho_0 = 997,1 \text{ кг/м}^3$ - плотность дистиллированной воды при 25° .

Порядок выполнения работы

1. Определяем массу пустого пикнометра m_0 , предварительно вымыли его, сполоснув дистиллированной водой и тщательно просушили.
2. Наполнили пикнометр дистиллированной водой до метки и определили массу пикнометра с водой m_1 .
3. Определяем массу КАМ m .
4. Опустили в пикнометр с водой исследуемый образец КАМ. Проследили, чтобы не осталось пузырьков воздуха. Избыток воды убрали при помощи фильтровальной бумаги (до метки) и определили массу пикнометра с водой и образца КАМ m_2 .

Пользуясь формулой (4), вычисляем $\rho_{\text{кам.исп}}$.

Результаты измерений и обсуждения. Результаты измерений и вычислений плотности образцов КАМ показано в таблице 2.

Таб.2. Пикнометрическая плотность образцов КАМ

№		кг				кг/м ³	
		m_0	m_1	m	m_2	$\rho_{\text{кам}}$	$\rho_{\text{кам.исп}}$
АС 1	1	0,0681	0,3177	0,0780	0,3246	8641,53	8632,34
	2	0,0681	0,3177	0,0080	0,3247	7976,8	7968,2

	3	0,0681	0,3177	0,0097	0,3165	9671,87	9661,23
АС2	1	0,0681	0,3177	0,0094	0,3261	9372,74	9362,46
	2	0,0681	0,3177	0,0080	0,3247	7976,63	7968,05
	3	0,0681	0,3177	0,0084	0,3253	10469,5	10457,9

Сравнительный анализ данных таб.1 и 2 показывает, что расчетной и пикнометрическая плотность АС1, АС2 образцов КАМ не совпадают, значения плотности одного и того вида образца тоже различные. Все это можно объяснить неравномерным распределением компонентов связки КАМ и технологическим параметром изготовления. При вычислений расчетной плотности не учитывается распределение компонентов связки образцах КАМ, а величина плотности определяемая пикнометрическим методом, отражает реальное распределение компонентов связки в исследуемых образцах.

Заключение. Адаптирован пикнометрический метод определения плотности вещества применительно к КАМ и изучено изменение плотности КАМ зависимости от состава алмазоносных слоев.

Разработан пикнометрический метод определения плотности КАМ. Получено, что значение пикнометрической плотности одного вида образцов АС1 и АС2 разнятся и не совпадает с расчетной плотностью.

Литература

1. В. А. Александров. Обработка природного камня алмазным дисковым инструментом - Киев : Наук. думка, 1979. - 239 с.
2. <https://www.stroyportal.ru/articles/article-almaznye-tehnologii-v-stroyindustrii-2903/>
3. Патент RU 2015 125 493 А. Журавлев Владимир Васильевич (RU), Дудаков Валерий Борисович (RU), Полканов Евгений Георгиевич (RU). Способ изготовления алмазного инструмента. Опубликовано: 2017.01.13
4. Физика для будущих студентов. Т. 1. Механика. Вып. 2. Динамика/ Под ред. Мякишева Г. Я.- М.: МИРОС, 1993.- 152 с.
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВЕЩЕСТВА Описания лабораторных работ № 1 и № 2 к курсу общей физики «Механика», Екатеринбург, 2016.-С.32
6. К. Хайдаров, А.К. Арыков. Послойноупрочненный композиционный алмазосодержащий материал для строительной индустрии. / Вестник КНУ, вып.3. «Материалы Республиканской научной конференции». Бишкек 2005.- С.186-188.

УДК: 621.373.826: 681.2-5

МИКРОПЕРЕМЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТИВА ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ АКТУАТОРОМ

Н. Сыдык уулу, И.А. Снимщиков

*Институт физики им. академика Ж.Ж. Жеенбаева НАН КР,
г. Бишкек, Чуй проспект 265-а*

Аннотация. Изучены возможности микро перемещения объектива пьезоэлектрическим актуатором для перемещения фокуса записывающей системы с поверхности регистрирующего слоя a-Si внутрь его в пределах толщины.

Ключевые слова: пьезоэлектрический актуатор, пьезокристаллы, тензометрический датчик, ультразвуковой пьезодвигатель.

MICRO-MOVEMENT OF THE LENS BY PIEZOELECTRIC ACTUATOR

N. Sydyk uulu, I.A. Snimshikov

*Institute of Physics named after academician Zh.Zh. Zheenbaeva NAS KR,
Bishkek, Chui Avenue 265-a*

Annotation. The possibilities of micro-movement of the lens with a piezoelectric actuator for moving the focus of the recording system from the surface of the a-Si recording layer inward within its thickness have been studied.

Keywords: piezoelectric actuator, piezocrystals, strain gauge, ultrasonic piezomotor.

Пьезоэлектрические двигатели являются на сегодняшний день наиболее перспективными электромеханическими преобразователями для использования в миниатюрных электронных устройствах. Однако расчет пьезоэлемента для ультразвукового двигателя вызывает определенные из-за многомерности и нелинейности решаемых задач.

Современная тенденция миниатюризации в технике выдвинула новые требования к исполнительным элементам различных систем автоматики по габаритно-весовым характеристикам. Требования к габаритам становятся настолько жесткими, что использование преобразователей электрической энергии в механическую, основанных на электромагнетизме, стало невозможным. Поиск новых физических эффектов, на основе которых можно создавать миниатюрные электродвигатели сфокусировался на пьезоэффекте, который был открыт еще в начале 80-х годов 19-го столетия Жаком и Пьером Кюри. Несмотря на то, что история изучения пьезоэффекта насчитывает полтора столетия, использовать его стали только после получения первых образцов пьезокерамики в середине 20-го века. В настоящее время область применения пьезоэлементов (ПЭ) достаточно широка – от силовых элементов

реле до виброподставки лазерных гироскопов. Однако именно в последнее время ощущается всплеск интереса к пьезодвигателям. Происходит это в связи с появлением огромного количества миниатюрных (носимых) электронных устройств, в состав которых есть необходимость включить преобразователи электрической энергии в механическую. Виброэлементы сотовых телефонов, устройства фокусировки цифровых фото- и видеокамер создаются на основе пьезоэффекта [1].

В данной статье изучены возможности микроперемещения объектива пьезоэлектрическим актюатором для перемещения фокуса записывающей системы с поверхности регистрирующего слоя a-Si внутрь его в пределах толщины.

Для задач перемещения фокуса записывающей системы с поверхности регистрирующего слоя a-Si внутрь его в пределах толщины требуется плоскопараллельное перемещение объектива (рис. 1, а). Для реализации перемещений в субмикронном диапазоне выбраны актюаторы на основе пьезоэлектрического эффекта, когда линейные размеры пьезокристалла изменяются при приложении к нему электрического напряжения. Например, актюаторы компании CEDRAT TECHNOLOGIES (Франция) серии APA (рис. 1, б) обеспечивают максимальный ход 897 мкм в условиях блокирующей силы до 1100 Н [2].



Рис.1. Запись внутри слоя a-Si (а), пьезоактюатор серии APA (б)

Актюаторы APA представляют собой стек пьезокристаллов, благодаря чему амплитуда управляющих напряжений не превышает 170 В. Многослойная керамика обеспечивает ход примерно 10 мкм при длине пьезостека 10 мм.

Когда актюатор снабжен датчиком обратной связи (рис. 2, а) и преобразователем сигнала тензометрического датчика CA45-UC45-SG

(рис. 2, б), обеспечивается точность порядка $1/700$ от длины хода. Например, для хода в 1 мм это 1,4 мкм.



Рис.2. Пьезостек с тензодатчиком (а), преобразователь CA45-UC45-SG (б)

Плоскопараллельное перемещение микрообъектива. Применение отдельных актуаторов не обеспечит высокоточные плоскопараллельные перемещения с большим разрешением, т.е. отсутствие наклонов оси объектива. Для решения этой задачи выбрана сборка FBS от компании NANOMOTION (Израиль) [3], имеющая безлюфтовую направляющую с перекрестно-роликовыми подшипниками (рис. 3, а). Сборка FBS работает по принципу ультразвукового пьезодвигателя. Толкатель такого двигателя совершает эллиптические колебания на частоте 40 кГц и прижимается к подвижной части сборки через керамическую полоску. В результате керамическая полоска движется вместе с подвижной частью сборки.

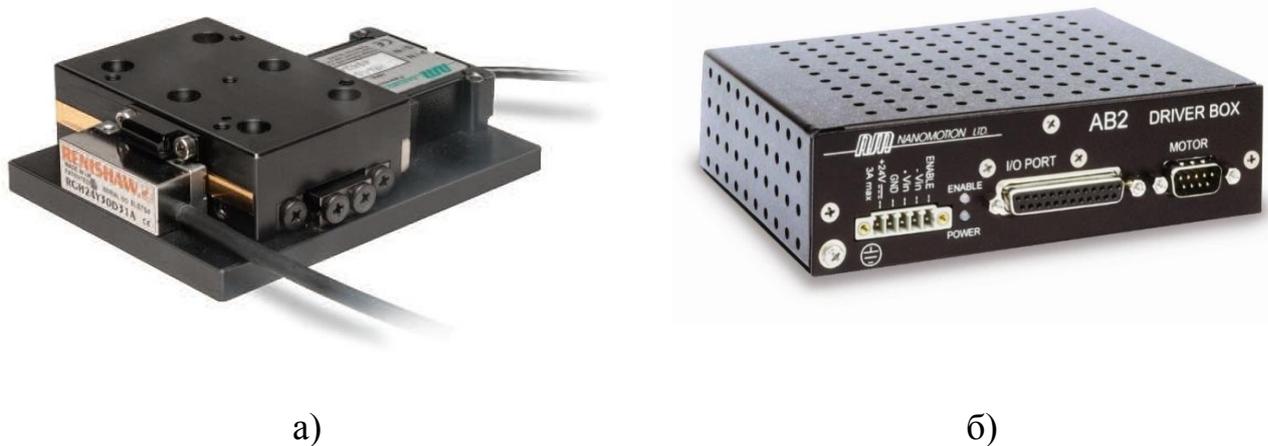


Рис.3. Сборка FBS (а), драйвер AB2 (б)

Со стандартным датчиком сборка обеспечивает разрешение 0,1 мкм. При этом обеспечивается двусторонняя повторяемость 1 мкм. Сборка с датчиком с разрешением 10 нм имеет двустороннюю повторяемость 0,1 мкм. В комплекте с драйвером АВ2 (рис. 3, б) сборка FBS обеспечивает ход ± 150 нм в режиме DC и ход 20 мм в режиме AC.

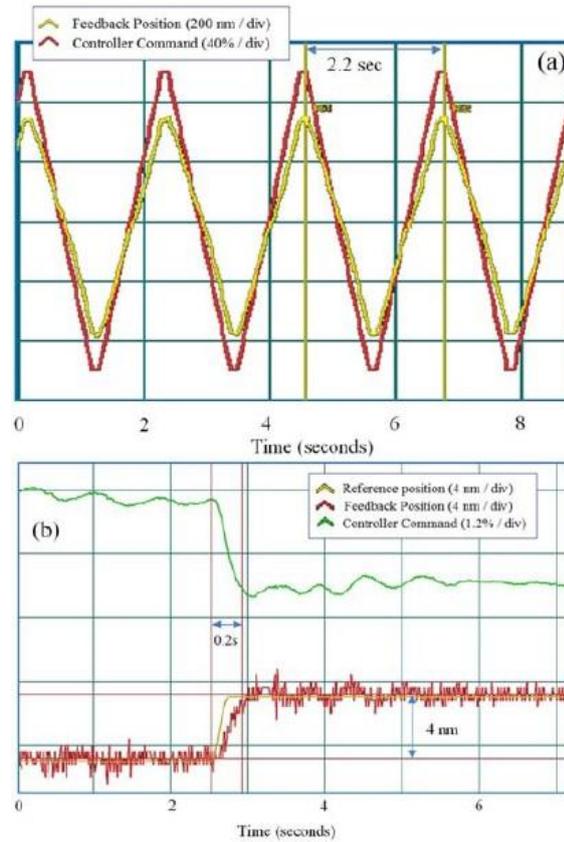


Рис.4. Работа сборки FBS с датчиком обратной связи в режиме сканирования

Список литературы

1. Масленникова С.И., Ситников А.В., Миронова И.В. «Расчет характеристик пьезоэлемента ультразвукового двигателя» // Радиооптика. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2016. № 04. С. 25–40.
2. http://metrology-spb.ru/Promyshlennye_izmeritelnye_sistemy/CEDRAT_TECHNOLOGIES
3. http://metrology-spb.ru/Promyshlennye_izmeritelnye_sistemy/Nanomotion

УДК 621. 396. 43

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ДИФРАКЦИИ НА ПРЕПЯТСТВИИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОТРАЖАЮЩИМ ПАССИВНЫМ УСТРОЙСТВАМ

Р.Р. Камаев, А.С. Капаров, К.Ш. Ашымканов, А.Т. Осконбаев

*Институт физики им. академика Ж.Ж. Жеенбаева НАН КР,
г. Бишкек, Чуй проспект 265-а*

Аннотация. В данной работе выполнен анализ решения задачи дифракции на препятствии методом стационарной фазы. Получены формулы для определения эффективной площади отражающего пассивного ретранслятора. Выполнен расчет параметров ретранслятора на трассе РРС7-село Торт-Куль.

Ключевые слова: принцип Гюйгенса–Френеля, дифракция радиоволн, метод стационарной фазы, отражающий пассивный ретранслятор.

SOLUTION OF THE PROBLEM OF DIFFRACTION BY AN OBSTACLE IN RELATION TO REFLECTIVE PASSIVE DEVICES

R.R. Kamaev, A.S. Kaparov, K.Sh. Ashymkanov, A.T. Oskonbaev

*Institute of Physics named after academician Zh.Zh. Zheenbaeva NAS KR,
Bishkek, Chui Avenue 265-a*

Annotation. In this paper, we analyze the solution to the problem of diffraction by an obstacle by the stationary phase method. Formulas for determining the effective area of a reflecting passive repeater are obtained. The calculation of the parameters of the repeater on the route PPC7-village Tort-Kul.

Keywords: Huygens-Fresnel principle, radio wave diffraction, stationary phase method, reflecting passive repeater.

1. Принцип Гюйгенса – Френеля

Согласно принципу Гюйгенса, каждая точка фронта распространяющейся волны является источником новой сферической волны. При этом, если известно положение фронта волны $S(t)$ в некоторый момент времени “ t ” и скорость волны “ v ”, то положение фронта в последующий момент времени $(t+\Delta t)$ можно определить поверхностью $S(t+\Delta t)$, огибающей все вторичные волны (рис 1а плоский фронт волны, б) сферическая волна с характеристикой направленности в виде кардиоиды).

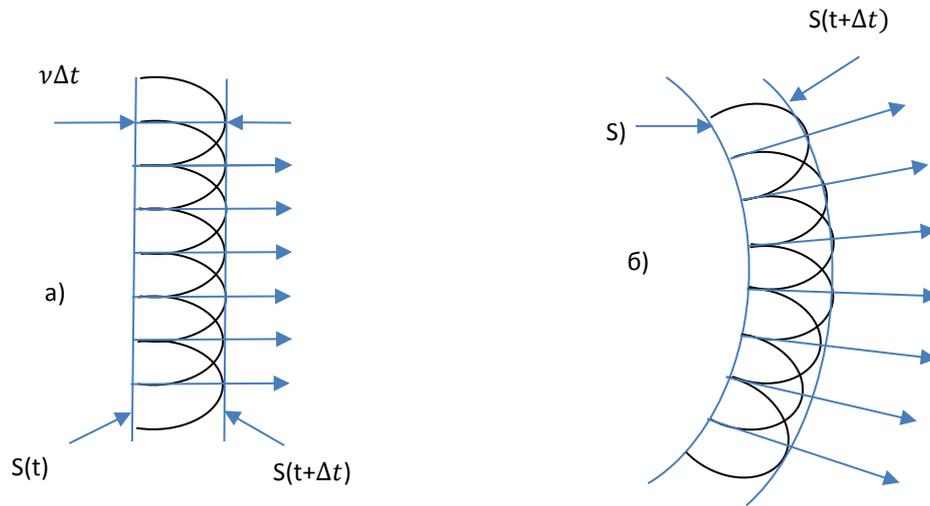


Рис. 1. а), б)

Принцип Гюйгенса, однако не указывает способа расчета амплитуды волны, огибающей вторичные волны. Развивая указанный принцип, Френель предложил идею о когерентности вторичных волн и их интерференции, что позволяет определять полное поле в любой точке пространства как сумму элементарных волн, излучаемых “элементами Гюйгенса”. Объединение идеи Гюйгенса и Френеля известны в современной физике и электродинамике как “принцип Гюйгенса-Френеля” [1]. Использование данного принципа позволяет достаточно просто определить размеры и форму области пространства распространения прямой электромагнитной волны. Пусть на пути распространения радиоволн находится препятствие в виде круглого прозрачного экрана. Определим величину отраженного экраном поля, когда излучатель находится в точке А, а наблюдатель в точке В. Очевидно, что решение задачи упростится, если воспользоваться методом зеркальных изображений [2], т.е. рассматривать сигнал в точке В, отраженный от поверхности экрана S, как сигнал, идущий в точку В' от А через круглое отверстие в бесконечном непрозрачном экране (рис.2-экран изображен пунктиром). Таким образом, считаем, экран S дополнительным к экрану с отверстием.

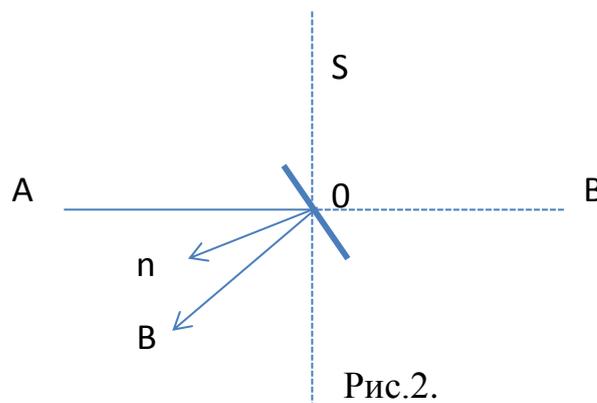


Рис.2.

Введем прямоугольную систему координат и предположим, что точки излучения, наблюдения и центр отверстия находятся на одной линии по оси X (рис.3), причем эта линия перпендикулярна поверхности экрана, лежащей в координатной плоскости yz [2].

Учитывая, что ρ – расстояние от точки излучения до текущей точки на плоскости

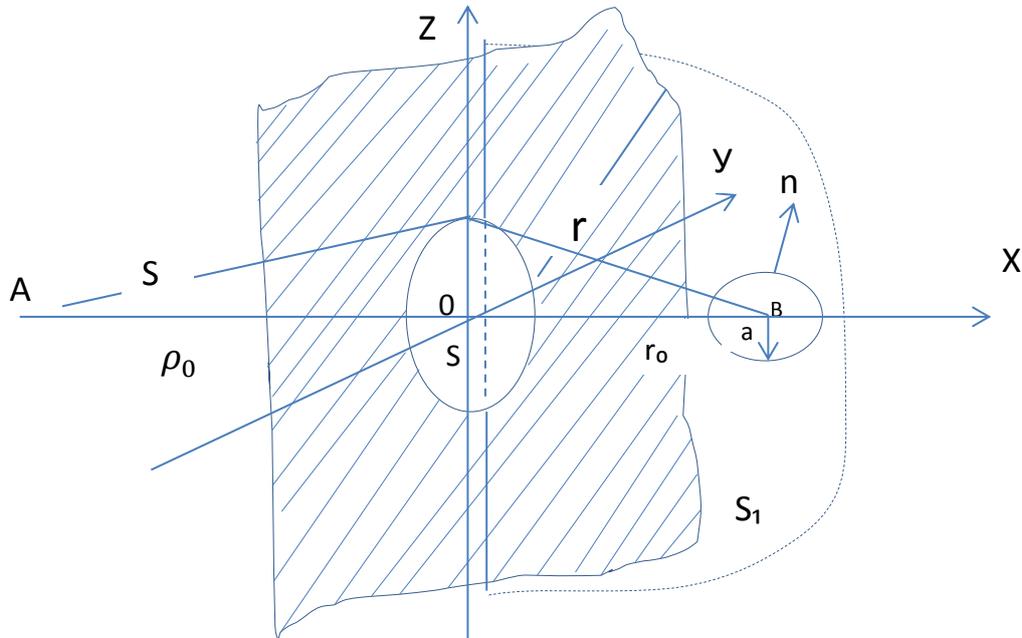


Рис.3.

интегрирования S велико по сравнению с длиной волны и что точка наблюдения находится в дальней зоне, т.е, $k\rho \gg 1$ $kr \gg 1$ получим математическую формулировку принципа Гюйгенса–Френеля для скалярных функций, называемую дифракционной формулой Френеля–Кирхгофа [1]

$$E(B) = -\frac{i}{\lambda} Q \int_S \int_{S_1} \frac{e^{ik(\rho+r)}}{\rho r} \cos(\vec{n}, r_0) ds \quad (1)$$

здесь λ – длина волны, $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число, \vec{n} – внутренняя нормаль, r_0^θ – единичный вектор по направлению к \vec{n} , некоторая constanta. В реальных условиях обычно $\cos(\vec{n}, r_0) \approx 1$. Данный интеграл с достаточной точностью вычисляется с помощью метода стационарной фазы, показывающей, что наиболее существенной областью интегрирования является та, где показатель осциллирующей функции имеет экстремум, т.е. та, где фаза стационарна относительно малых смещений. Это выполняется в центре первой зоны Френеля в точке пересечения линии наблюдения с плоскостью S . Так как

искомой точкой является точка O , то заменяя множитель $i/(\rho^r)$ на $i(\rho_0 r_0)$ представим (1) в следующем виде.

$$E(B) = -\frac{i}{\lambda} \frac{Q}{\rho_0 r_0} \int_S \int_8 e^{ik(\rho+r)} ds \quad (2)$$

Опуская промежуточные вычисления, скажем согласно [2], что фазы крайних элементарных волн будут определяться соотношением $\psi = k(\rho + r)$ а для центральной элементарной волны. $\psi_0 = k(\rho_0)$

2. Зоны Френеля

Для упрощения анализа характера и степени вторичных элементарных источников электромагнитных волн, расположенных на поверхности S , на результирующее поле в точке B , разделим всю поверхность S на зоны Френеля. Зона Френеля – это часть поверхности фронта электромагнитной волны, охватывающая вторичные источники, элементарные волны которых в точке B расходятся по фазе не более чем на 180° , при этом соседние зоны Френеля создают в точке B противофазные поля. Теоретический размер зоны определяется выражением [3]

$$R_n = \sqrt{\frac{n\lambda\rho r}{\rho+r}} \quad (3)$$

Если перемещать воображаемую поверхность S вдоль линии AB , то окружности радиуса R_n опишут поверхности эллипсоидов вращения. Области пространства между двумя соседними эллипсоидами вращения являются пространственными зонами Френеля (рис.4)

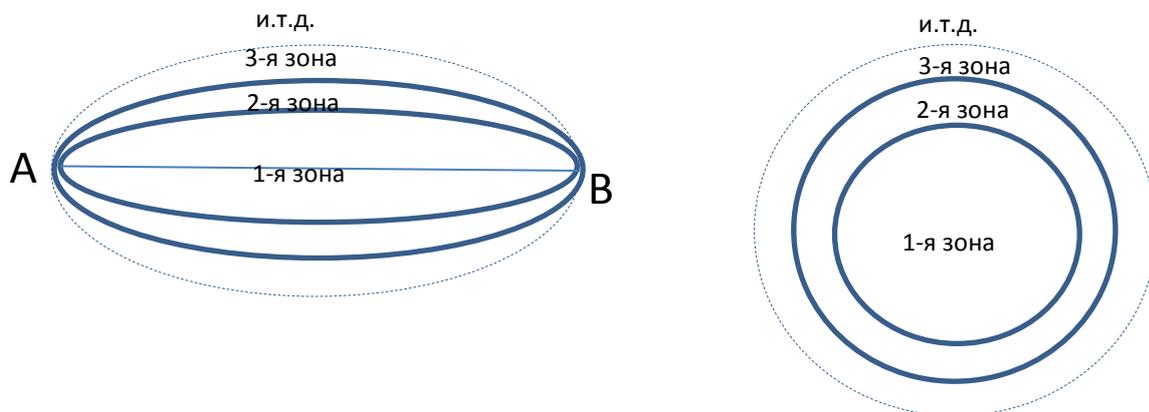


Рис.4.

Несмотря на то, что площади зон Френеля

$$S_\phi = \pi(R_n^2 - R_{n-1}^2) = \pi\lambda \frac{\rho r}{\rho+r} \quad (4)$$

ϕ – лу

на плоскости S одинаковы, амплитуды, создаваемых ими полей в точке B убывают с ростом n , так как при этом $(\cos\infty)$ – уменьшается, а ρ и r увеличиваются. Поэтому результирующее поле в точке B в основном создается волнами вторичных излучателей, расположенных в пределах первых нескольких зон Френеля.

Как показывают расчеты и эксперимент, вследствие взаимной компенсации противофазных полей соседних зон Френеля результирующее поле в точке B определяется действием лишь вторичных излучателей, расположенных в пределах $1/3$ первой зоны Френеля ($n=1/3$) с радиусом

$$R_{1/3\phi} = \frac{\lambda\rho r}{3(\rho+r)} \quad (5)$$

Величина $R_{1/3\phi}$ имеет важное практическое значение, так как определяет размеры области, существенной для распространения радиоволн.

3. Эффективная площадь отражающей поверхности экрана.

Результаты эксперимента (зависимость $|E/E_0|$ в точке B от относительной величины отверстия $S/S_{1\phi}$ показаны на рис 5.

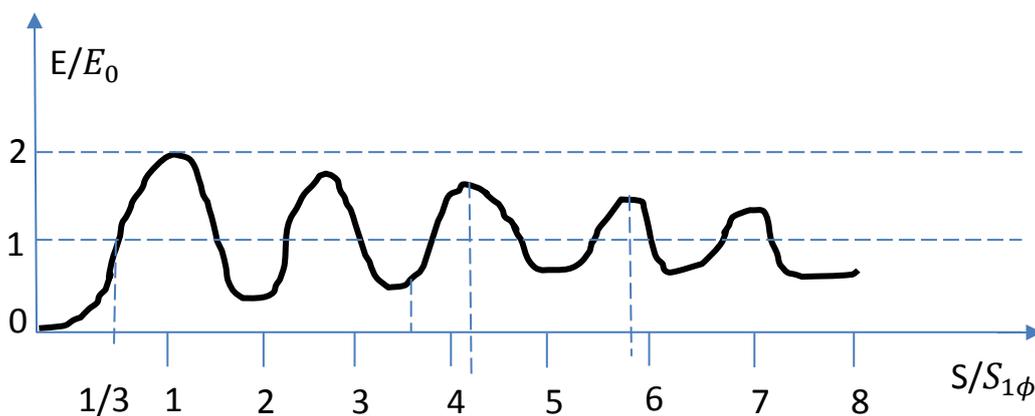


Рис.5.

Из рисунка 5 следует, что напряженность поля при отсутствии экрана E_0 равняется напряженности поля E при наличии экрана с отверстием, имеющим площадь, равную $S_{1\phi/3}$, радиус которой $R_{1/3\phi}$. Экран практически не влияет на величину поля в точке приема при $n > 8$ ($8 \div 12$ зон Френеля), поскольку амплитуда осцилляций становится незначительной (не более 20%). Поскольку модуль множителя ослабления поля $|F|$ определяется из соотношения (4).

$$|F| = \sqrt{\frac{P}{P_0}} = \frac{[E]}{E_0}, \quad (6)$$

где P_0 и E_0 соответственно мощность и напряженность поля в точке приема при свободном распространении радиоволн, а P и E – мощность и напряженность поля в точке приема при наличии на трассе отражающего экрана [5]. Анализ выражения (2) и данные эксперимента дают основание полагать, что если:

1. $|F|=0$ и $E=0$, $P=0$, то $S_3 = 0$
2. $|F|=1$ и $E=E_0$, $P=P_0$, то $S_3 = \frac{S_{1\phi}}{3}$
3. $|F|=\sqrt{2}$ и $E=\sqrt{2E_0}$, $P=2P_0$, то $S_3 = \frac{S_{1\phi}}{2}$
4. $|F|=2$ и $E=2E_0$, $P=4P_0$, то $S_3 = S_{1\phi}$;

т.е. 1-если экрана нет, то отраженный сигнал отсутствует; 2 – если площадь экрана равна $S_{1\phi/3}$, то напряженность поля и мощность сигнала равны напряженности и мощности сигнала свободного распространения; 3 – если площадь экрана равна $S_{1\phi/2}$, то такой экран усиливает напряженность поля на трассе в $\sqrt{2}$ раза, а мощность сигнала в 2 раза по сравнению с величиной сигнала при свободном распространении; 4 – если площадь экрана равна $S_{1\phi}$ то такой экран усиливает напряженность поля в 2 раза, а мощность в 4 раза. Таким образом подбором площади отражающего экрана можно добиться увеличения напряженности поля в точке приема до 2-х раз, а по мощности усиления сигнала до 4-х раз.

Однако на практике, нет необходимости использовать экраны сравнительно большой площади, так как чувствительность современной приемной аппаратуры позволяет обходиться гораздо меньшими размерами промежуточного ретрансляционного устройства, в данном случае РРЛ с отражающим экраном.

Из-за сложного горного рельефа местности, окружающую Чон-Кеминскую долину, трасса РРЛ от узловой высокогорной РРС “Восточная” (РРС-7) до села Торт – Куль (рис.6) выбрана с использованием пассивного ретранслятора отражающего типа, где предусматривалось применение аппаратуры Курс-2М с выходной мощностью передатчика 1,5 Вт и число стволов 2, по которым должны передаваться две программы республиканского телевидения [6].

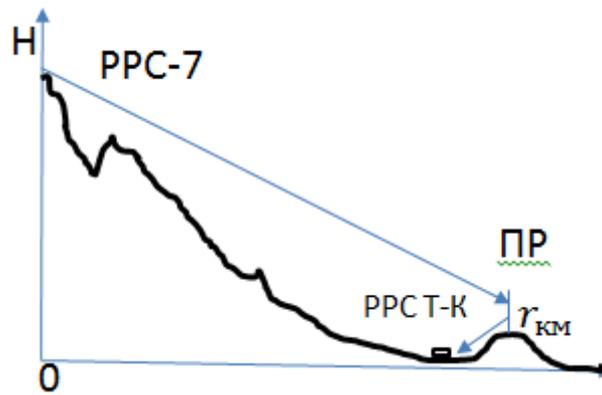


Рис.6.

Приведем один из методов расчета ретранслятора отражающего типа, примененного на рассматриваемой трассе [2].

Известно, что плотность потока мощности, приходящаяся на единицу поверхности приемной антенны (пассивного ретранслятора в нашем случае) может быть определена по следующей формуле [3],

$$\Pi_1 = \frac{P_1 G_1 \eta_1}{4\pi r_1^2} \quad (7)$$

где P_1 – мощность передатчика, G_1 – коэффициент усиления передающей антенны, η – к.п.д. фидера передающей антенны, r_1 – расстояние от излучателя до пассивного ретранслятора (ПР). мощность сигнала, принимаемая поверхностью $S_{\text{рет}} \text{ ПР}$, равна

$$P_{\text{рет}} = \Pi_1 S_{\text{рет}} \cdot K \quad (8)$$

где, K -коэффициент использования поверхности ПР. Из этих двух выражений имеем

$$S_{\text{рет}} = \frac{P_1 G_1 \eta_1 S_{\text{рет}} \cdot K}{4\pi r_1^2} \quad (9)$$

В свою очередь ПР на расстоянии r_2 создает поток мощности плотностью

$$\Pi_2 = \frac{P_{\text{рет}} G_{\text{рет}}}{4\pi r_2^2} \quad (10)$$

где $G_{\text{рет}}$ – коэффициент усиления ПР, r_2 – расстояние от ПР до приемной антенны. Опуская промежуточные вычисления и считая, что к.п.д.- η систем передачи и приема, площади апертур S_1 и S_2 излучения и приема равны, можем написать [2]

$$P_2 = \frac{P_1 S^2 S_{\text{рет}} \eta^2 \cdot K^2}{\lambda^4 r_1^2 r_2^2} \quad (11)$$

здесь S – площади приема – передающих антенн ($S=S_1 = S_2$). Учитывая, что напряжение сигнала $U_{\text{вх}}$ на входе приемника с волновым сопротивлением $R_{\text{вх}}$ описывается как [3].

$$U_{\text{вх}} = \sqrt{P_2 R_{\text{вх}}} \quad (12)$$

окончательно имеем

$$S_{\text{рет}} = \frac{\lambda^2 r_1 r_2 U_{\text{вх}}}{S \eta K \sqrt{P_1 R_{\text{вх}}}}, \text{ м}^2 \quad (13)$$

В формуле λ – длина рабочей длины волны, используемой не данной трассе. Согласно [7,8] коэффициент - К обычно принимается равным 0,9; $R_{\text{вх}} = 75 \text{ Ом}$, а $\eta = 0,5$. При достаточно больших углах падения радиолуча на поверхность ПР вводится поправка

$$S_{\text{действ}} = S_{\text{рет}} \cdot \cos a, \quad (14)$$

формулы описывать по правилам которая и определяет действующую отражающую площадь ПР.

Имеем следующие данные для нашей проектируемой РРЛ.

1) Рабочая частота $f = 4 \text{ ГГц}$, т.е. $\lambda \approx 0,08 \text{ м}$. Расстояние от РРС «Восточный» до предполагаемого места установки ПР $r_1 = 17 \text{ км}$, от ПР до сооружаемой РРС- с. Торт-Куль $r_2 = 1,5 \text{ км}$. Реальная мощность излучаемого сигнала $P \approx 1 \text{ Вт}$, площадь антенн $S \approx 7 \text{ м}^2$, к.п.д. фидера $\eta = 0,5$, $K=0,9$. Тогда, подставляя эти значения в формулу (13) и учитывая, что трасса является практически полужакрытой, т.е. не обеспечивается «чистота» первой зоны Френеля на участке РРС «Восточный» (первый гребень) имеем $S_{\text{рет}} \approx 18 \text{ м}^2$.

2) При тех же параметрах трассы, но для $f = 2 \text{ ГГц}$, т.е. $\lambda = 0,15 \text{ м}$, находим $S_{\text{рет}} \approx 20 \text{ м}^2$. Делая допущение 0,3 на погрешности поверхности зеркала при изготовлении, перевозке и монтаже, а так же климатические воздействия получаем окончательно $S_{\text{рет}} = 26 \text{ м}^2$, что отвечает требованиям как для частоты $f = 4 \text{ ГГц}$, так и для $f = 2 \text{ ГГц}$. В настоящее время принятая в эксплуатации линия с ПР работает в штатном режиме.

Список литературы

1. Ф.Б. Черный Распространение радиоволн. – М.-Сов. Радио. 1962.480с
2. Камаев Р.Р., Орозобаков Т. Пассивная ретрансляция электромагнитных волн в горных условиях. Фрунзе. Илим,1984 126с.
3. А.И.Калинин, Е.Л.Черенкова. Распространение радиоволн и работа радиолиний-М. Связь, 1971. 440с.
4. М.П.Долуханов. Распространение радиоволн-М. Связь,1972. 330с.
5. М.Т.Турусбеков. Расчет эффективной площади отражающего пассивного ретранслятора. журнал Электросвязь, №1, 1978 с.15-17.
6. Техно-рабочий проект на строительство РРЛ «Восточная-Торт-Куль» с использованием пассивного ретранслятора. Бишкек Департамент связи РПО РМТР, это 1999. 33с.
7. Айзенберг Г.З., Япольский В.Г. Пассивные ретрансляторы для радиорелейных линий. –М. связь.1972.
8. Орозобаков Т., Ашымканов К.Ш. Новые технологии ретрансляции радиосигналов, журнал Горы Центральной Азии, Бишкек, 2002, №2, с.52-57

УДК 666.76:669 (07)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ ТЕПЛОДЫМОКАМЕРЫ

Н.К. Касмамытов, А.Б. Куйкеев

*Институт физики им. академика Ж.Ж. Жеенбаева НАН КР,
г. Бишкек, Чуй проспект 265-а*

Аннотация. В статье проанализированы различные способы и средства обеспечения огнестойкости строительных конструкций учебно-тренажерных комплексов – теплодымокамеры для подготовки пожарных-спасателей. Теплофизические свойства строительных материалы имеют свою огнезащиту от многократного высокотемпературного воздействия.

Ключевые слова: огнесохранность; многократное высокотемпературное воздействие; средства огнезащиты; система огнезащиты, огнеупорные керамические материалы.

ENSURING FIRE RESISTANCE OF EDUCATIONAL-TRAINING COMPLEXES FOR THE PREPARATION OF FIREMAN AND RESCUERS

N.K. Kasmamytov, A.B. Kuikееv

*Institute of Physics named after academician Zh.Zh. Zheenbaeva NAS KR,
Bishkek, Chui Avenue 265-a*

Annotation. The review article analyzed the various methods and means of ensuring fire safety of construction constructions of educational and training complexes - thermal cameras for preparation of firefighters and rescuers. Thermophysical properties of building materials have their own fire protection against repeated high-temperature exposure.

Keywords: fire protection; multiple high-temperature exposure; fire protection means; fire protection system, refractory ceramic materials.

Введение.

Состояние проблемы. Практика подготовки спасателей-пожарных в странах Российской Федерации, стран СНГ, Европы и США основана на широком использовании теплодымокамер учебно-тренажерных комплексов, моделирующих реальные условия тушения пожаров [1,2,3]. Наиболее проблемным вопросом при создании таких объектов является применение огнеупорных материалов и обеспечение огнесохранности конструкций здания. Она должна осуществляться от многократного высокотемпературного воздействия огня (до 1200 °С), при этом средства защиты должно быть устойчиво к разрушению от многократных термических ударов (нагрев до 1200°С – охлаждение водой) и иметь достаточно высокую прочность (не менее 50 МПа) [14]. При таких условиях в конструкциях из обычного монолитного бетона образуются трещины, происходит разрушение защитного слоя и

обнажение арматуры, которая под действием высоких температур начинает деформироваться. Предел огнестойкости металлических конструкций без огнезащиты в условиях «стандартного пожара» не превышает 15 минут. В настоящее время «стандартная» огнезащита строительных конструкций основывается на однократном ее применении в условиях пожара, после чего ее необходимо восстанавливать. В связи с этим применение выше указанных средств огнезащиты трудоемко и затратно.

При использовании жаростойких (огнеупорных) бетонов показало, что при регулярной или кратковременном воздействии открытого огня, повышенных температур достигающих до 1200°C. Огнеупорный бетон при высокой температуре и резком охлаждении по воздействию воды срок эксплуатации составляет 25-30 теплосмен [14]. При этом применение жаростойкого бетона для возведения основных строительных конструкций здания является дорогостоящим, а применение его в качестве защитного слоя значительно утяжеляет конструкцию и связано со сложностью и большой трудоемкостью работ по восстановлению и ремонту. При этом невозможно проведение ремонтных работ при отрицательных температурах.

Пути решения проблемы. Изучение аналогичных объектов [7,16] в других странах мира показывает, что для решения данной задачи применяются конструктивные методы огнезащиты и, в частности, композиции из теплоизоляционных и защитных слоев. В качестве теплоизоляционного слоя используются негорючие теплоизоляционные материалы, а в качестве защитного – металл или огнеупорные керамические материалы. Металлические листы имеют достаточную механическую прочность, но при этом недолговечны, требуется большое количество времени на техническое обслуживание, ее замены и ремонт системы. При использовании огнеупорных керамических плит, система быстро и легко обслуживается и ремонтируется. Исходя из этого, в мировой практике существует тенденция использовать в качестве защитного слоя огнеупорные керамические материалы.

Огнеупорные керамические материалы выдерживают температуры выше 1580 °C [10,13] при этом термостойкость (нагрев до 1200 °C – охлаждение водой) в зависимости от вида керамики достигает более 80 теплосмен. Системы огнезащиты на основе огнеупорных керамических материалов, не только обеспечивают защиту от термических воздействий, но также имеют достаточно продолжительный срок службы – 20-30 лет, быстро и легко обслуживаются и ремонтируются, а также при отрицательных температурах. Керамические материалы классифицируются на тугоплавкие (огнеупорность 1380–1580 °C), огнеупорные (огнеупорность более 1580–1770 °C), высокоогнеупорные (1770–2000 °C) и высшей огнеупорности (более 2000°C). Огнеупорные изделия могут быть формованными и неформованными [8,9]. Огнеупорные материалы обладают следующими свойствами: а) огнеупорностью свыше 1580 °C; б) высокой жаропрочностью (не деформируется под действием механических нагрузок при высоких температурах); в) химической стойкостью (противостоят

воздействию агрессивных сред - газов, шлаков, металла); г) термической стойкостью (не растрескиваются при резком колебании температуры) и др. [4,5,6].

К неформованным огнеупорным материалам относят: огнеупорные цементы; бетонные смеси, торкрет-массы высокой стойкости к огню; разные виды порошков для заправки металлургических печей; мертели; пластичные огнеупорные пасты, суспензии.

Формованные огнеупорные изделия производимые по технологиям горячего, полусухого прессования пластической формовки, литья, включая вибрационное, из расплавов, текучих масс подготовленного сырья, распилом крупных блоков, горных пород, изготавливают [11]: прямыми, клиновыми различных размеров, форматов; фасонными различной сложности, массы серийного изделия; специальными – промышленного или лабораторного назначения, к ним относятся тигли, кюветы, оборудование для проведения в условиях высокой температуры.

На территории Кыргызстана месторождения глин и суглинков запасы составляют 267,2 млн. м³, к ним относятся месторождения Курментинское (суглинки - 3.7 млн.т), Аксайское (суглинки - 33.6 млн.т), Карачатырское (сланцы – 13,3 млн.т), Ташкумырское (глины - 12.5 млн.т) и других месторождений [12].

Заключение. Проведен анализ средств защиты строительных конструкций учебно-тренажерных комплексов – теплодымокамеры от многократного высокотемпературного воздействия огня (до 1200 °С). Показано, что наиболее эффективным средством для огнезащиты являются огнеупорные керамические материалы с высокой термической стойкостью. Исходя из теплофизических свойств керамики, доступности и низкой стоимости местного сырья для изготовления защитных элементов, трудоемкости по обслуживанию и ремонту огнезащиты целесообразно использование огнеупорные керамические материалы на основе местного сырья.

Список литературы

1. Легошин М. Ю. К вопросу профессиональной подготовки газодымозащитников в ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России / М. Ю. Легошин, И. М. Чистяков, С. Н. Никишов, Е. В. Зарубина // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017. – 670 с.
2. Легошин М. Ю., Никишов С. Н., Чистяков И.М. Особенности проведения тренировочных занятиях в многофункциональном учебно-тренировочном комплексе подготовки газодымозащитников // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сборник статей по материалам VIII Всероссийской

- научно-практической конференции с международным участием 20-21 апр.2017 г.: в 2-х ч. Ч. 1 ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2017. – 455 с.
3. Легошин М. Ю. Использование учебно-тренажерных комплексов для профессиональной подготовки газодымозащитников в ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России / М. Ю. Легошин, И. М. Чистяков, С. Н. Никишов // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием 20-21 апреля 2017 г.: в 2-х ч. Ч. 1 ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2017. – 455 с.
 4. Огнеупоры. Классификация: ГОСТ 28874-2004. – Введ. 01.01.2006 – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации: межгос. технический комитет по стандартизации МТК 9 «Огнеупоры», 2004. – 20 с.
 5. Хорошавин Л.Б., Перепелицын В.А., Кононов В.А. Магнезиальные огнеупоры. Справочник, т. 2, Москва: Интермет Инжиниринг, 2001. – 576 с.
 6. Электротермические процессы и установки: учебное пособие по теоретическому курсу / А.И. Алферов и др. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2007. – 360 с.
 7. Live Fire Training Towers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.firefacilities.com>, свободный.
 8. Современные керамические материалы. Министерство образования и науки РФ, Казанский федеральный университет. - Казань: КФУ, 2016. - 407 с.
 9. Керамические материалы на основе диоксида циркония /Жигачев А.О., Головин Ю.И., Умрихин А.В., Коренков В.В., Тюрин А.И., и др. Под общей редакцией Ю.И. Головина. Москва: Техносфера, 2018. – 358 с.
 10. Абдрахманов Е.С., Тусупбекова М.Ж. Огнеупоры для металлургических и литейных печей, уч. пособие. Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2006, 86с.
 11. Большая политехническая энциклопедия/ Авт.- сост. В. Д. Рязанцев - М.: ООО «Издательство «Мир и Образование», 2011. - 704 с.
 12. Портал Гос. комитета промышленности, энергетики и недропользования КР по недрам: «Нерудные полезные ископаемые», geoportals.kg.
 13. Мониторинг применения огнеупорных материалов на предприятиях Республики Беларусь/ Волочко А.Т. и др. // Литье и металлургия. 2011, № 4.
 14. Волочко А.Т., Подболотов К.Б., Яшеня Д.Н., Бардушко С.Н. “Обеспечение огнесохранности конструкций учебно-тренажерных комплексов для подготовки спасателей-пожарных“. Пожарная и промышленная безопасность (технические науки) в редакции , в редакции 27 июня 2016г.
 15. Home – WHP Trainingtowers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.trainingtowers.com>, свободный.
 16. Live Fire Training Towers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.firefacilities.com>, свободный.

УДК 621.03.,536.12

ТЕПЛОЁМКОСТЬ И ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ КОЛЛОИДНЫХ ЖИДКОСТЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ ЖЕЛЕЗНОГО ПОРОШКА

Д.С. Джураев

*Политехнический институт Таджикского технического университета им. ак. М.С.
Осими, Худжанд, Таджикистан, e-mail: juraev77@mail.ru*

Аннотация. В данной статье приведены результаты экспериментальных исследований изменение теплофизических свойств магнитных жидкостей на основе трансформаторного масла в зависимости от температуры $T=298-423$ К с добавкой железного нанопорошок $0.1 \cdot 10^{-3}$ кг до $0.3 \cdot 10^{-3}$ кг.

Ключевые слова: магнитная жидкость, теплоёмкость, теплопроводность, железный порошок, трансформаторная масла.

HEAT CAPACITY AND THERMAL CONDUCTIVITY OF COLLOIDAL LIQUIDS DEPENDING ON THE TEMPERATURE AND CONCENTRATION OF IRON POWDER

D.S. Dzhuraev

*Polytechnic Institute of the Tajik Technical University named after ac. M.S. Osimi, Khujand,
Tajikistan, e-mail: juraev77@mail.ru*

Annotation. This article presents the results of experimental studies on the change in the thermophysical properties of magnetic fluids based on transformer oil depending on temperature $T = 298-423$ K with the addition of iron nanopowder to.

Keywords: magnetic fluid, heat capacity, thermal conductivity, iron powder, transformer oils.

Магнитные жидкости это высокодисперсные суспензии (коллоидные растворы) ферромагнитных материалов в жидкости-носителе, причём размер частиц очень маленький: от 5 нанометров до 10 микрометров. Жидкость-носитель может быть абсолютно любой; вода, жидкие углеводороды, кремний - и фторорганические жидкости, керосин, а также растительное и трансформаторное масло.

Проблемы получения магнитных жидкостей и применения их в различных областях современной науки и техники, биологии и медицины являются, безусловно, актуальными, а также весьма актуальными являются задачи исследования теплофизических свойств межчастичных взаимодействий, ориентационных эффектов, развивающихся в магнитных жидкостях под действием магнитного поля, давления и температуры. Большое теоретическое

значение представляет собой исследование магнитных жидкостей, что связано с фундаментальными теплофизическими проблемами.

Теплоемкость трансформаторного масла в зависимости от температуры $T=298-423$ К с добавкой от $0.1 \cdot 10^{-3}$ кг до $0.3 \cdot 10^{-3}$ кг (с интервалом $0.05 \cdot 10^{-3}$ кг) железного порошка было измерено с помощью экспериментальной установки разработанным профессором Е.С Платуновым [1, 2].

В таблице 1 приведены результаты расчетов экспериментальных данных теплоемкости исследуемых образцов в зависимости от температуры и концентрации железного порошка.

Таблица 1.

Экспериментальные данные теплоемкости (C_p , Дж/(кг·К)) магнитных жидкостей в зависимости от температуры и добавкой железного порошка

T, K $m_{Fe}, 10^{-3} кг$	298	323	348	373	398	423
0.1	1180,4	1363,1	1593,8	1801,6	2000,3	2142,5
0.15	1110,3	1314,4	1493,7	1688,5	1831,2	2016,3
0.2	1032,4	1173,9	1360,1	1538,5	1662,4	1822,4
0.25	968,4	1094,4	1240,8	1388,6	1508,5	1675,5
0.3	892,6	1000,6	1152,3	1302,3	1405,4	1544,5

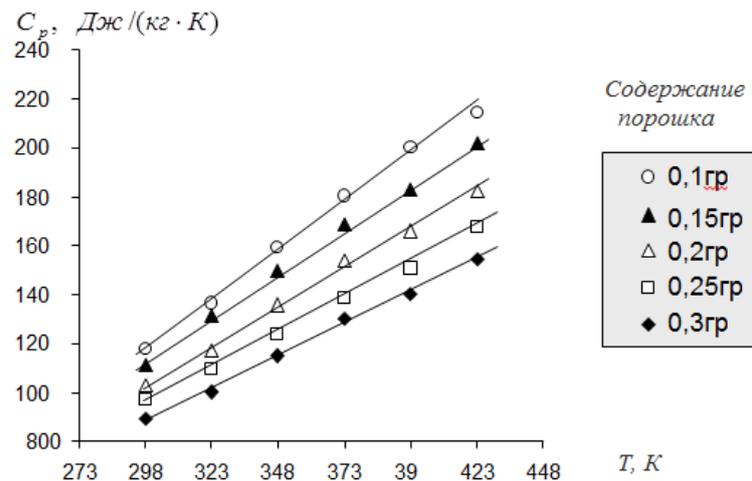


Рис.1. Теплоемкость магнитных жидкостей на основе трансформаторного масла в зависимости от температуры и добавкой железного порошка

Характер изменения теплоемкости исследуемого объекта, т.е. магнитных жидкостей на основе трансформаторного масла в зависимости от температуры и концентрации железного порошка показано на рисунок 1.

Вывод. Из рисунка 1 видно, что теплоемкость исследуемых объектов с ростом температуры увеличивается, а в зависимости концентрации железного порошка уменьшается. Например, при увеличении добавки железного порошка от 0,1 гр. на 0,3 гр. при температуре 298 К теплоемкость уменьшается на ~33%, а при 423К при концентрации железного порошка 0,3 гр. увеличивается на ~73%.

Кроме того, нами экспериментально было исследовано теплопроводность магнитной жидкости в зависимости от добавки 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3 гр. железного порошка и температур в интервале 298–473 К при атмосферном давлении. В таблице 2 приведена, полученные результаты исследуемого объекта в зависимости от добавки 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3 гр. железного порошка и температуры.

Таблица 2.

Экспериментальные значения зависимости теплопроводности ($\lambda \cdot 10^3, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$) исследуемого объекта от температуры и концентрации железного порошка

T, K $m_{Fe}, 10^{-3} \text{ кг}$	298	323	348	373	398	423
0.1	112,3	108,7	104,5	99,4	95,2	89,45
0.15	126,5	121,3	116,2	111,35	106,24	101,63
0.2	140,4	135,1	129,2	123,44	117,8	111,7
0.25	153,3	146,9	139,1	132,7	127,2	122,2
0.3	162,7	154,7	150,2	143,87	138,37	133,7

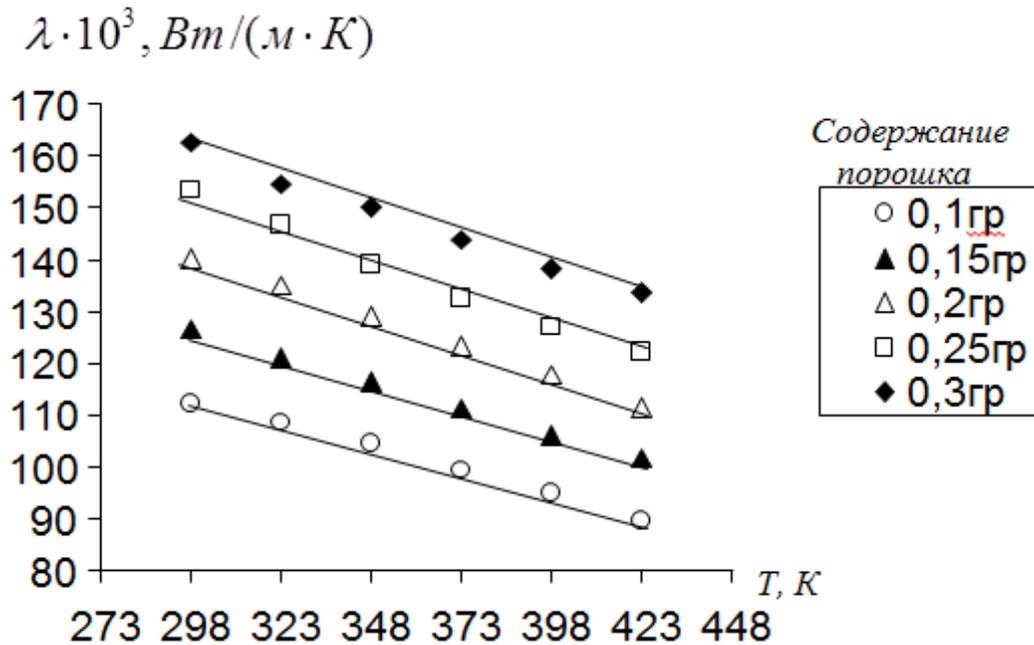


Рис.2. Зависимость теплопроводности исследуемого объекта от температуры и концентрации железного порошка

Вывод. Как видно, из рисунка 2 с увеличением температуры теплопроводность исследуемых систем уменьшается, а при добавке железного порошка увеличивает их теплопроводность. Например, при увеличении добавки железного порошка от 0,1 гр. на 0,2 гр. при температуре 298 К теплопроводность увеличивается на $\sim 25\%$, а при 423К при этом же концентрации уменьшается на $\sim 26\%$.

Список литературы

1. Платунов Е.С. Теплофизические измерения в монотонном режиме [Текст] / Е.С. Платунов. –Л.: Энергия, 1973. –142 с.
2. Платунов Е.С. Теплофизические измерения и приборы / [Е.С Платунов., С.Е. Буравой, В.В. Курепин и др.].–Л.: Машиностроение, 1986. –256с.

УДК 621.372:551.508.8

ОТКЛОНЕНИЯ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА ПО ОБРАБОТКАМ ОБСЕРВАТОРИИ ДАННЫХ МИРОВОЙ СЕТИ НАЗЕМНЫХ СТАНЦИЙ И СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

А.Т. Орозобаков, Б.Б. Саякбаева

*Институт физики им. академика Ж.Ж. Жеенбаева НАН КР,
г. Бишкек, Чуй проспект 265-а*

Аннотация. В статье представлены данные мировой сети по озону, обработанные в обсерватории «Иссык-Куль», в виде отклонений от усредненного уровня 70-80-х годов. Данные в основном брались над районами наземных микроволновых измерений. Результаты обработок показали незначительные отклонения общего содержания озона над районом измерений обсерватории.

Ключевые слова: *общее содержание озона, мировая сеть, отклонения.*

TOTAL OZONE DEVIATIONS FOR PROCESSING OF THE WORLD NETWORK OF LAND STATIONS AND SATELLITE OBSERVATION DATA

A.T. Orozobakov, B.B. Sayakbaeva

*Institute of Physics named after academician Zh.Zh. Zheenbaeva NAS KR,
Bishkek, Chui Avenue 265-a*

Annotation. The article presents the data of the global ozone network, processed at the Issyk-Kul observatory, in the form of deviations from the average level of the 70-80s. The data were mainly taken over the areas of ground-based microwave measurements. The processing results showed insignificant deviations of the total ozone content over the observatory's measurement area.

Keywords: *total ozone content, worldwide network, deviations.*

В обсерватории “Иссык-Куль” кроме наземных микроволновых измерений озонного слоя с целью верификации постоянно отслеживаются и обрабатываются данные мировой сети наземных станций и спутниковых наблюдений [1]. При обработках орбитальных данных в основном берутся пролеты над Иссык-Кулем и районами именно наземных микроволновых измерений (Москва, Томск, Нижний) [2-4]. Ниже представлены некоторые типичные карты общего содержания озона (ОСО), полученные из Мирового центра данных по озону и ультрафиолетовому излучению 1а, 1б.

Total ozone (DU) / Ozone total (UD), 2019/03/10

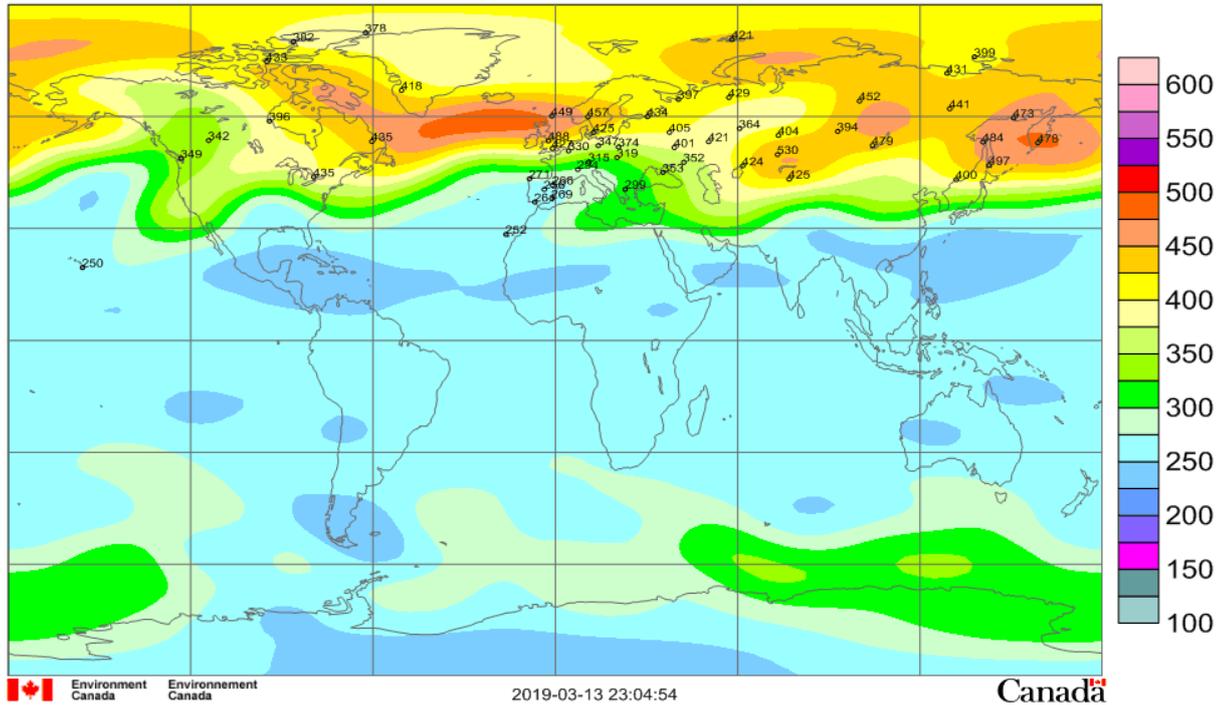


Рис.1а. Максимум ОСО над обсерваторией

Total ozone (DU) / Ozone total (UD), 2019/11/23

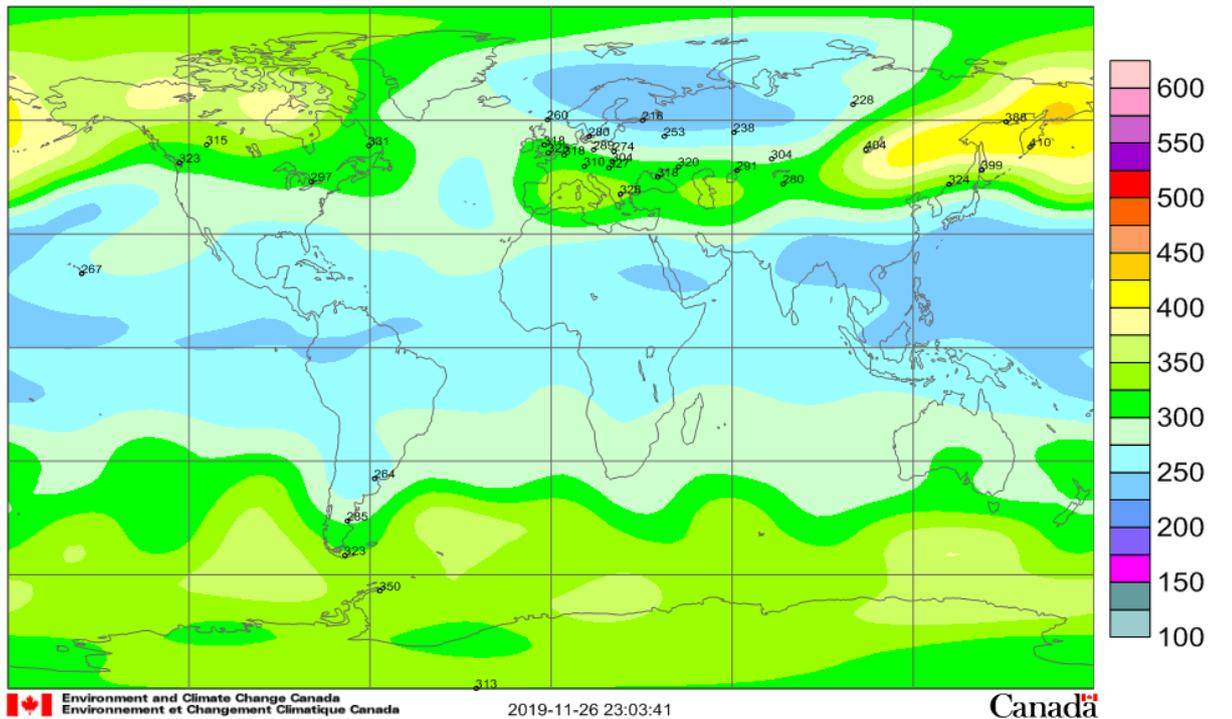


Рис.1б. Минимум ОСО над обсерваторией

Здесь представлены время максимальных и минимальных значений общего содержания озона, для наглядности. За весь период наблюдений и не только в обсерватории всегда прослеживался весенний максимум и осенний минимум почти на всех широтах [5]. В архиве обсерватории имеются данные каждого пролета спутника над районом своих измерений [5]. В зависимости от поставленных задач (суточный ход, сезонные вариации и т.д.) обрабатывается необходимый пакет данных.

Также в обсерватории изучаются, обрабатываются карты отклонений, представляющие общие отклонения от уровня 1970-1980гг. Они оценены с использованием данных спектрометра картирования общего озона (TOMS). Для областей с плохим охватом данных, берутся корректировки выполненные в соответствии с TOMS на спутниках Nimbus-7, Meteor-3, ADEOS рисунки 2а-2г. Необходимо заметить, что отклонения от уровня прежних годов всегда будут. Но это не означает обеднение или восстановление общего содержания озона. Вообще локальной озонной дырой считается область распространения озона если в одни и те же периоды отклонения превышают более 100-150 ед.Д. в течение длительного времени.

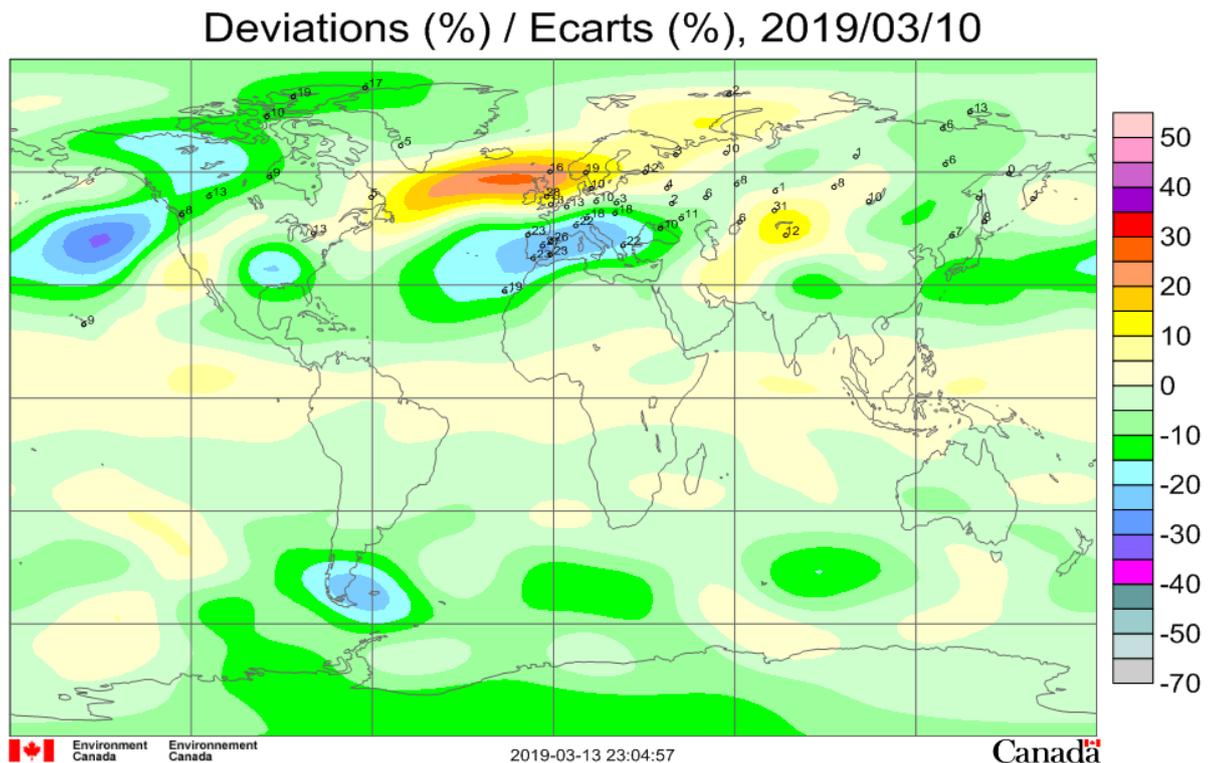


Рис.2а. Карта отклонений ОСО

На рисунке 2а специально представлена карта отклонений в период максимума ОСО над районом измерений обсерватории для примера. Показано, что установлено превышение ОСО по сравнению с 70-80ми годами на 12%

именно за этот день над регионом Средней Азии. За весь период максимума ОСО, поздняя зима, весна, значительных отклонений не выявлено. На рисунке 2б представлено отклонение в период минимума ОСО, где также отмечается превышение.

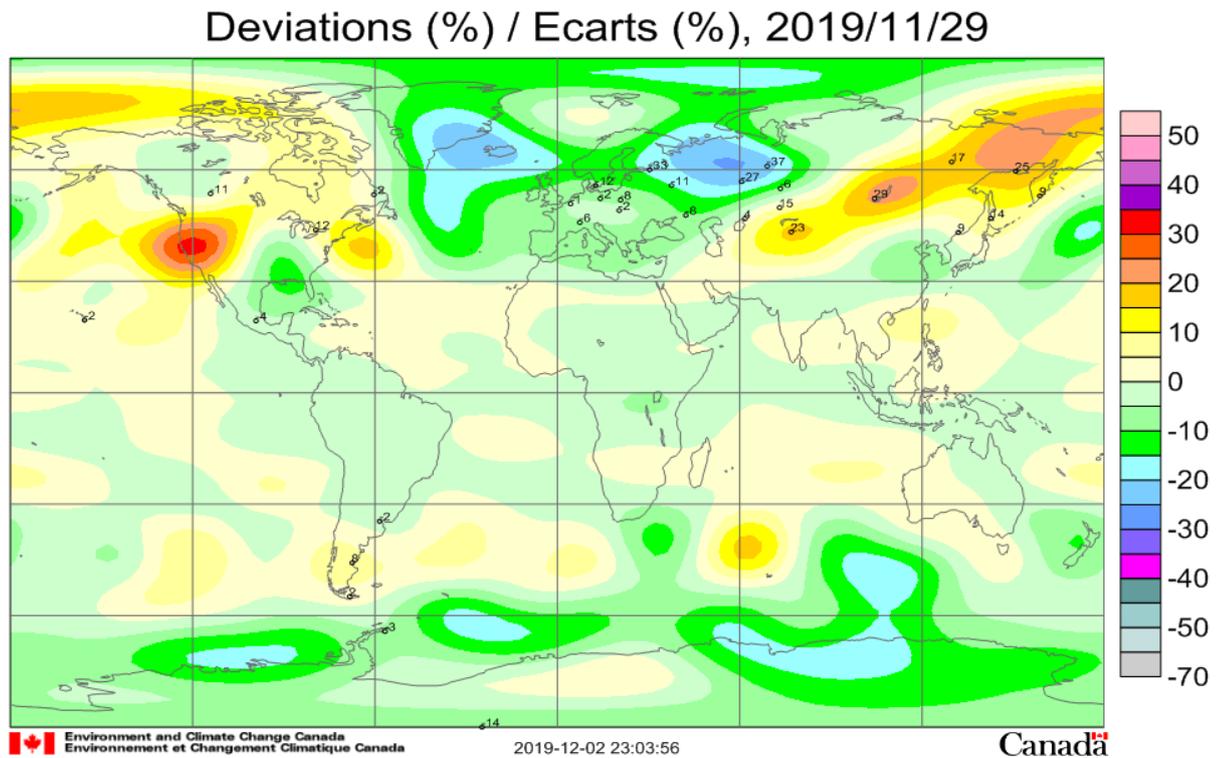


Рис.2 б. Карта отклонений в период минимума ОСО над РФО

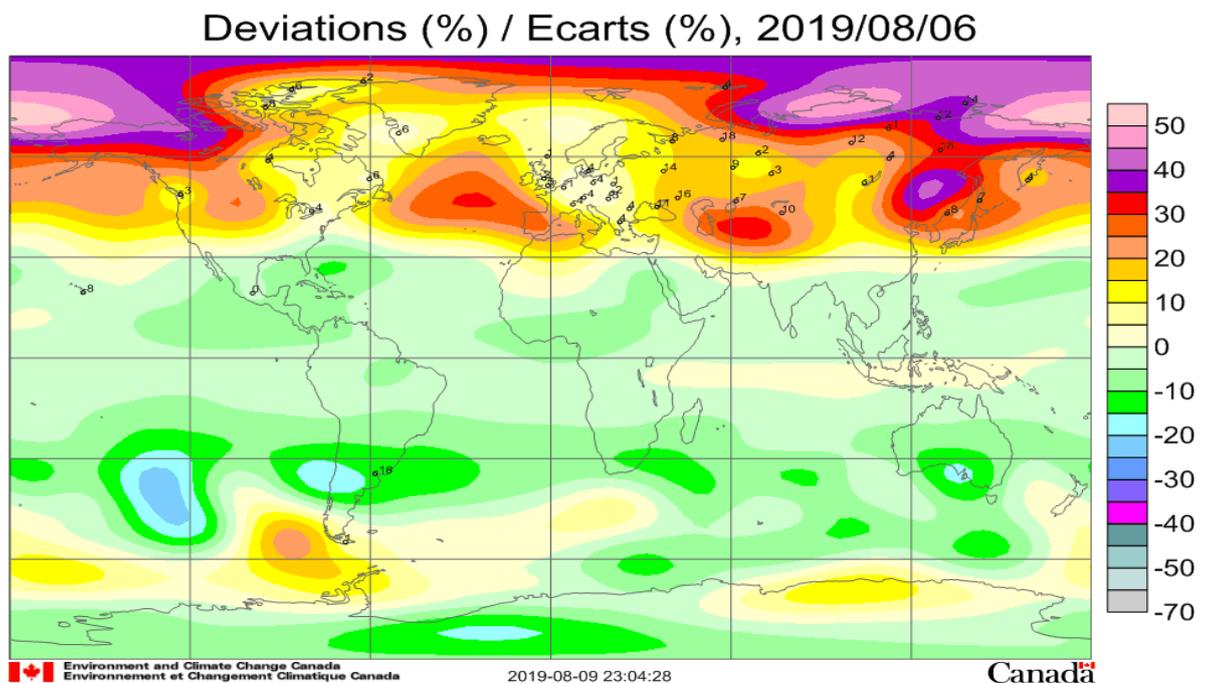


Рис.2в. Карта отклонений ОСО в летний период

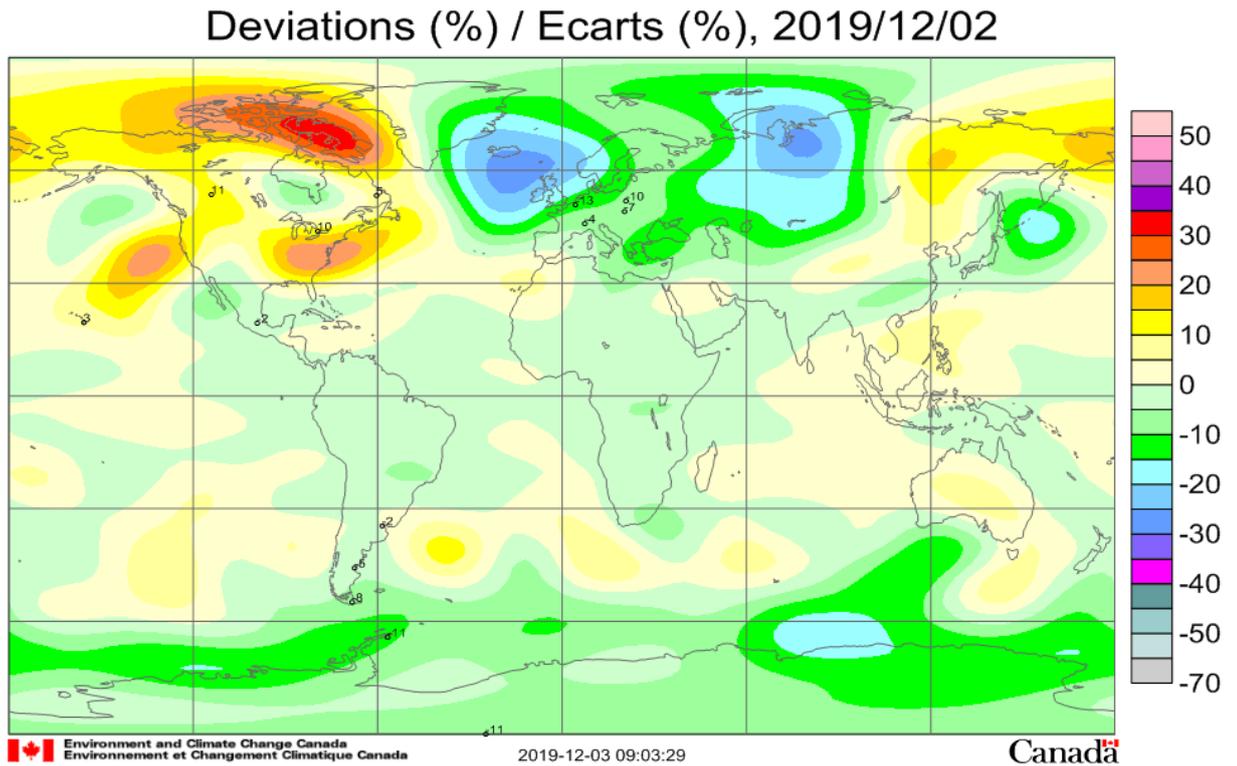


Рис.2г. Карта отклонений ОСО в зимний период

На рисунках 2 представлены отклонения за некоторые дни 19-го года. В архиве обсерватории такие карты есть за все дни начиная со дня создания обсерватории [5], в таблице 1 указаны отклонения за предыдущий год.

Таблица 1.
Отклонения ОСО по обработкам обсерватории и данных мирового центра

<u>2019 г.</u>	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
<u>1</u>	-	-	7	-6	-	-1	15	-	6	16	-	8
<u>2</u>	-	-8	-1	-3	-	5	8	-	6	16	5	-5
<u>3</u>	8	-8	-	-6	13	6	7	-	-	14	6	4
<u>4</u>	4	-5	2	-	18	9	-	-	11	24	16	-5
<u>5</u>	4	-4	6	-10	18	-	4	-	12	24	-	-5
<u>6</u>	0	1	-6	-	6	-	6	10	10	9	-	-
<u>7</u>	-5	-2	-	1	13	17	5	5	10	-	-	5
<u>8</u>	-3	7	-2	6	-	15	7	-1	11	-	19	16

<u>9</u>	-13	-4	12	-3	0	14	16	-	-	-	5	-
<u>10</u>	3	-6	12	-	3	9	16	-1	-	-	6	-
<u>11</u>	5	-18	10	3	8	13	8	-	-	6	-	-
<u>12</u>	-	-	6	-9	5	12	4	-	-	14	-	-
<u>13</u>	11	-4	6	-5	5	9	14	3	-	12	-3	10
<u>14</u>	5	-5	0	-4	11	15	8	-	-	7	-1	17
<u>15</u>	-5	-	7	-11	4	2	9	6	-	-	-2	10
<u>16</u>	-8	-	-14	-6	7	10	8	-	-	3	5	10
<u>17</u>	-	-	-21	-8	6	10	9	-	-	4	5	-
<u>18</u>	-13	11	-10	-4	4	13	9	-	7	10	1	-
<u>19</u>	-12	11	-	-9	3	13	9	-	-	11	2	-
<u>20</u>	-7	5	2	-7	0	16	8	-	3	8	-8	21
<u>21</u>	-12	-	5	-3	-10	12	6	-	2	-	-	17
<u>22</u>	-	-2	10	4	-8	13	4	9	0	4	-5	30
<u>23</u>	-10	-5	-4	5	-	11	11	-	1	-	-9	-
<u>24</u>	-	0	6	-12	2	14	8	-	3	-	4	-
<u>25</u>	-2	10	1	2	3	13	-	-	-1	13	-	-
<u>26</u>	2	11	-4	5	8	16	12	2	-	10	7	-
<u>27</u>	7	9	-15	5	8	12	11	10	4	7	25	-13
<u>28</u>	-	6	-16	13	10	13	5	-	2	-	23	3
<u>29</u>	15		-17	12	12	12	8	6	9	-	23	-9
<u>30</u>	9		-7	-	9	17	-1	11	-	-	20	2
<u>31</u>	-		2		6		8	10		-		-
min	-13	-18	-21	-12	-10	-1	-1	-1	-1	3	-9	-5
max	15	11	12	13	18	17	16	11	12	24	25	30

Из этой таблицы видно, что отклонения ОСО над Иссык-Кулем от усредненного содержания озона за 1970-80гг. в среднем составляют 5-10 процентов. Причем в начале года, в зимние месяцы в сторону уменьшения – в летние увеличения. Так особенно в июне ОСО было на 30-40 единиц Добсона больше чем в восьмидесятых годах прошлого века. Этот факт требует дальнейшего изучения, на самом ли деле озонный слой восстанавливается или это просто такой цикл распределения. Хотя если считать, что на погрешности измерительных комплексов аппаратур можно смело списывать такие же проценты получается, содержание озона над обсерваторией возвращается к уровню 70-80гг. прошлого века.

Список литературы

1. Орозобаков Т.О., Орозобаков А.Т., Вдовин В.Ф., Зинченко И.И., Кисляков А.Г. Обсерватория для мониторинга озонового слоя земли в мм диапазоне длин волн в Среднеазиатском регионе. Первые наблюдения и др. // Международный симпозиум «Физика атмосферы: Наука и образование». 11-13 сент.2007г. Санкт-Петербург, с.118-122.
2. Орозобаков Т.О., Орозобаков А.Т., Рыскин В.Г., Зинченко И.И. Об особенностях распределения озона в стратосфере по результатам одновременных наземных микроволновых измерений в Нижнем Новгороде и Кыргызстане //«Метеорология и гидрология» 2012, №10, с.24 – 32.
3. Соломонов С.В., Гайкович К.П., Кропоткина Е.П. Определение вертикального профиля атмосферного озона по наземным измерениям излучения в миллиметровом диапазоне. // Известия АН Физика атмосферы и океана, 1999, т.35, №1, с.86-95.
4. Куликов Ю.Ю., Маркина Н.Н., Наумов А.П., Рыскин В.Г., Сумин М.И. Восстановление высотного профиля озона из наземных измерений интегрального поглощения в миллиметровом диапазоне волн. // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1988. Т.24. №12. с.1282-1292.
5. Орозобаков А.Т., Саякбаева Б.Б., Орозобаков Э.У., Токтосунов Э.К. Общее содержание озона над Средней Азией по результатам обработок данных мировой сети. //Известия ВУЗов, 2019, №8, с.3-11.

УДК 681.3.01

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ДЕШИФРОВОЧНЫХ СВОЙСТВ СНИМКА

К.К. Талыпов, Н.Т. Аманова

*Институт физики им. академика Ж.Ж. Жеенбаева НАН КР,
г. Бишкек, Чуй проспект 265-а*

Аннотация. В данной работе рассматриваются задачи выявления вегетационного индекса NDVI и IPVI. Результаты обработки в программном комплексе ENVI позволяют получать количественные оценки прогнозируемого урожая различных сельхоз культур.

Ключевые слова: вегетационный индекс, NDVI, IPVI.

USING VEGETATION INDICES TO IMPROVE DECIPHERING PROPERTIES OF THE IMAGE

K.K. Talypov, N.T. Amanova

*Institute of Physics named after academician Zh.Zh. Zheenbaeva NAS KR,
Bishkek, Chui Avenue 265-a*

Annotation. This article deals the tasks identifying vegetation indices NDVI and IPVI. The results of processing in the ENVI software package allow to obtain quantitative valuation of the predicted yield of various agricultural crops.

Keywords: vegetation index, NDVI, IPVI.

1. Введение

В последние десятилетия начали активно использоваться снимки земной поверхности, регистрирующие отраженный свет не только в оптическом диапазоне, но и спектральных диапазонах, невидимых человеческим глазом. Эти снимки получили название мультиспектральных, потому что в отличие от цветных снимков они содержат больше трех каналов. Поскольку мультиспектральные снимки содержат спектральную информацию, невидимую человеческим глазом, возникает проблема отображения этих снимков. Для решения этой проблемы существует два основных подхода. Можно отображать невидимые каналы (или их смешение) как видимые (красный, зеленый или синий), либо отображать цвет из палитры, индекс которой рассчитывается на основании интенсивности цветов в невидимом диапазоне. Кроме отображения, каналы, невидимые в оптическом диапазоне, могут использоваться совместно с цветовыми каналами при математической обработке для решения задач дешифрирования и анализа изображения. Наибольшее распространение

мультиспектральные изображения получили для анализа растительного покрова из-за особенностей отражения света хлорофиллом в красном и инфракрасном каналах. Для определения состояния растительности разработано большое количество так называемых вегетационных индексов – показателей, рассчитываемых по значениям яркости в красном и инфракрасном диапазоне. Кроме анализа растительности вегетационные индексы широко применяются для анализа состояния атмосферы, гидросферы, геологии и многих других областях.

2.Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы

Характерным признаком растительности и ее состояния является спектральная отражательная способность, характеризующаяся большими различиями в отражении излучения разных длин волн. Знания о связи структуры и состояния растительности с ее спектрально отражательными способностями позволяют использовать аэрокосмические снимки для картографирования и идентификации типов растительности и их стрессового состояния. Для работы со спектральной информацией часто прибегают к созданию так называемых «индексных» изображений. На основе комбинации значений яркости в определенных каналах, информативных для выделения исследуемого объекта, и расчета по этим значениям «спектрального индекса» объекта строится изображение, соответствующее значению индекса в каждом пикселе, что и позволяет выделить исследуемый объект или оценить его состояние. Спектральные индексы, используемые для изучения и оценки состояния растительности, получили общепринятое название вегетационных индексов. В настоящее время существует около 160 вариантов вегетационных индексов. Они подбираются экспериментально (эмпирическим путем), исходя из известных особенностей кривых спектральной отражательной способности растительности и почв. Расчет большей части вегетационных индексов базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках кривой спектральной отражательной способности растений. На красную зону спектра (0,620,75 мкм) приходится максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом, а на ближнюю инфракрасную зону (0,751,3 мкм) максимальное отражение энергии клеточной структурой листа. Т. е. высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с большой фитомассой растительности) ведет к более низким значениям коэффициентов отражения в красной зоне спектра и большим значениям в ближней инфракрасной. Как это хорошо известно, отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять растительность от прочих природных объектов. При обработке космических снимков в программном комплексе ENVI с помощью инструмента Band Math могут быть рассчитаны любые спектральные индексы. Кроме того, имеется специальный калькулятор вегетационных индексов ENVI (калькулятор ВИ ENVI), который позволяет рассчитать 27

вегетационных индексов, используемых для оценки состояния растительности, содержания пигментов, азота, углерода, воды [1].

Расчет вегетационного индекса базируется на двух наиболее стабильных участках спектральной кривой отражения растений. В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур лист (рис.1) [2].

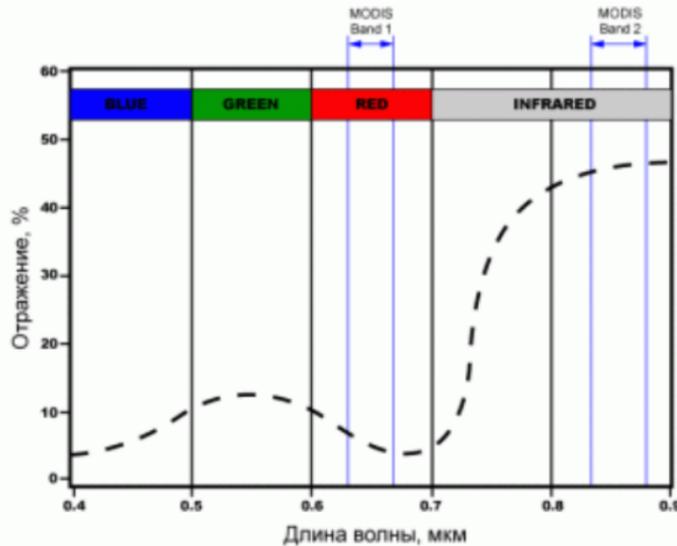


Рис.1. Участки характеристической кривой отражения растительности (усредненной), используемые для расчета NDVI

3. Расчет и анализ вегетационных индексов NDVI и IPVI

Наиболее известный и распространенный способ оценки состояния растительного покрова, применяемый к данным, собранным при помощи аэрофотосъемки, является вычисление так называемого индекса NDVI, или вегетационного индекса.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – относительный показатель количества фотосинтетически активной биомассы, вычисляемый по формуле:

$$NDVI = \left(\frac{NIR-RED}{NIR+RED} \right) \quad (1)$$

где,

NIR - отражение в ближней инфракрасной области спектра
 RED - отражение в красной области спектра [3,4]

В основе данной формулы лежит тот факт, что высокая фотосинтетическая активность, как правило, связанная с густой растительностью, приводит к уменьшению отражательной способности объекта в красной зоне спектра и к увеличению в зоне ближнего ИК. Благодаря этому

появляется возможность на основе воздушных съемок проводить картирование растительного покрова, выявлять площади, покрытые и непокрытые растительностью, оценивать плотность, всхожесть, состояние растений, а с помощью регулярного мониторинга наблюдать развитие процессов в динамике. Индекс может принимать значения от -1 до 1. Для зеленой растительности индекс обычно принимает значения от 0,2 до 0,8. В результате аэрофотосъемки пользователь получает набор из спектрональных снимков в формате TIFF, которые обрабатываются стандартными средствами программного пакета для постобработки данных БПЛА.

Функционально инфракрасный вегетационный индекс (Infrared Percentage VI) IPVI и NDVI эквивалентны. Индекс может принимать значения от 0 до 1. Для зеленой растительности характерны значения от 0.6 до 0.9 [5]

$$IPVI = \left(\frac{NIR}{NIR+RED} \right) = \left(\frac{NDVI+1}{2} \right) (2)$$

Изображение БПЛА

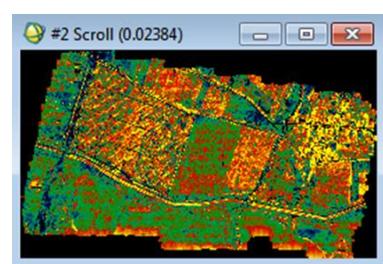
в RGB режиме



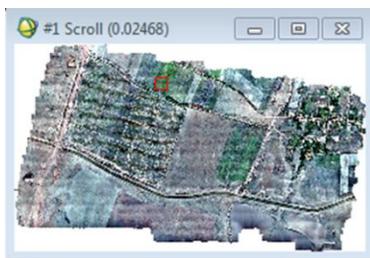
в NDVI режиме



в NDVI режиме после окрашивания



в RGB режиме



в IPVI режиме



в IPVI режиме после окрашивания

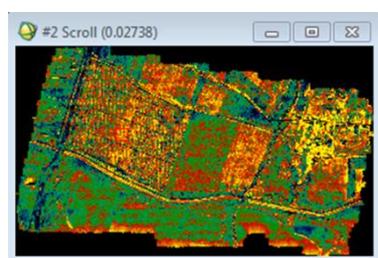


Рис.2. Расчет NDVI и IPVI

Расчет и анализ NDVI и IPVI

№	1	2	3	4	5	6	7	8
NDVI	0.57	0.46	0.62	0.53	0.61	0.58	0.54	0.63
IPVI	0.69	0.72	0.79	0.80	0.88	0.90	0.76	0.81

Выводы.

В красном цветовом диапазоне хорошо видны зоны с угнетенной или отсутствующей растительностью. Четко выделяется граница поля, видны проблемные участки. В результате, что высокая фотосинтетическая активность, с густой растительностью, приводит к уменьшению отражательной способности в красной зоне спектра и к увеличению в зоне ближнего ИК. В результате анализа видно, что значение инфракрасного вегетационного индекса IPVI постоянно выше значения NDVI.

Динамические (разносезонные) карты NDVI и IPVI позволяют получать количественные оценки прогнозируемого урожая различных сельхоз культур, отмечать особенности сезонного развития культур, его нарушения, оценивать качество проведенных сельхоз работ, производить планирование и т.д.

Список литературы

1. Асмус В.В., Щербенко Е.В. Использование измерений спектрометрических комбинаций для оценки растительности и почв. Обзорная информация ВНИИГМИ-МЦД, Обнинск, 1989, 55 с.
2. Черепанов А.С., Дружинина Е.Г. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы. М.: Геоматика №3, 2009. 29с.
3. Kogan, F.N. 1987: Vegetation index for areal analysis of crop conditions. Preprints, Proc.18th Conf. Of Agricultural and Forest Meteorology, West Lafayette, IN, Amer. Meteor. Soc., 103-107
4. Рачкулик В.И., Ситникова М.В. Методические указания по определению параметров растительного покрова методом отношения коэффициентов яркости в двух участках спектра (по наземным, самолетным и вертолетным измерениям). Ташкент: САНИГМИ, 1972.39 с.
5. Черепанов А.С. Вегетационные индексы. М.: Геоматика №2, 2011. 99с.

УДК: 533.915.03:535.211

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА КАРБОНАДО ЗЕРНИСТОСТЬЮ 400/315 мкм ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

К. Хайдаров, Б. Д. Минбаева, О.Т. Абдылдаев

*Институт физики им. академика Ж.Ж. Жеенбаева НАН КР,
г. Бишкек, Чуй проспект 265-а, E-mail: kyrgyzalmaz@mail.ru*

Аннотация. В работе изучалось влияние лазерного излучения на прочность поликристаллических синтетических алмазов типа карбонадо (АСПК) зернистостью 400/315мкм. Алмазных инструментах, используемых в камнеобработке и стройиндустрии широко применяются алмазные порошки зернистостью 400/315мкм. По этой причине данной работы изучено влияние лазера на прочностных АСПК указанной зернистости. Обнаружено увеличение показателя прочности исследованных алмазов, что связывается с изменением структуры и дефектности кристаллитов.

Ключевые слова: синтетический алмаз; поликристалл; типа карбонадо; лазерные излучения; прочность

CHANGE OF STRENGTH OF SYNTHETIC CARBONADO DIAMOND WITH GRAIN SIZE 400/315 mcm UNDER THE ACTION OF LASER RADIATION

K. Khaidarov, B.D. Minbaeva, O.T. Abdyldaev

*Institute of Physics named after academician Zh.Zh. Zheenbaeva NAS KR,
Bishkek, Chui Avenue 265-a*

Annotation. The effect of laser radiation on the strength of polycrystalline Carbonado-type diamonds with a grain size of 400/315 mcm was studied. Diamond powders with a grain size of 400/315mcm are widely used in diamond tools used in stone processing and construction industry. For this reason, the influence of the specified grain size on the strength of the ASPC was studied. An increase in the strength index of the studied diamonds was found, which is associated with changes in the structure and defect of the crystallites.

Keywords: synthetic diamond; polycrystal; type of carbonado; laser radiation; strength translate

Научно-технический и технологический прогресс в современных условиях немислим без широкомасштабного применения синтетических алмазов (СА). Поэтому исследования по влиянию внешних воздействий на физико-механические свойства кристаллов СА, направленные на получение СА с заданными и улучшенными характеристиками являются актуальными. Внутренние дефекты в виде локальных и рассеянных включений сплавов-растворителей, используемых при синтезе алмазов, а также дислокации

создают поля напряжений внутри кристаллов. Известно, что тепловые воздействия способны устранить дислокации или их стабилизировать. Имеются также сведения о повышении прочности алмазных порошков за счет «залечивания» прочности микротрещин путем термообработки в атмосфере метана [1].

В работе изучалось влияние лазерного излучения (ЛИ) на прочность поликристаллических алмазов типа карбонадо (АСПК) зернистостью 400/315 мкм. Для улучшения качества и расширения технологических возможностей инструментов из АСПК, активно используется достижения техники в производстве, например, способов упрочнения СА и инструментов с помощью лазерного воздействия. Алмазных инструментах, используемых в камнеобработке и стройиндустрии широко применяются алмазные порошки зернистостью 400/315 мкм. По этой причине данной работы изучено влияние на прочность АСПК указанной зернистости. В работе [2] было обнаружено увеличение показателя прочности при одноосном сжатии порошков АСПК после ЛИ. В данной работе приводятся результаты дальнейших более глубоких исследований изменения показателя прочности образцов АСПК зернистостью 400/315 мкм, обработанных ЛИ.

Получение, подготовка образцов и методика эксперимента.

Порошки для проведения эксперимента получали путём механического дробления АСПК в специальной пресс-форме и дальнейшей ситовой классификацией по зернистостям. Для придания им более правильной сферической формы они подвергались дополнительной обработке-овализации.

Исследования прочностных характеристик алмаза очень затруднены из-за сложности выбора метода и условий механических испытаний таких сверхтвёрдых и хрупких кристаллов. Нами для наблюдения за изменениями прочностных особенностей порошков СА при воздействии ЛИ использовалась общепринятая методика испытания алмазных зерен, описанная в [3]. В качестве показателя прочности при этом используется разрушающая нагрузка. Испытания проводились на приборе ДА-2М конструкции Институт сверхтвёрдых материалов им. Н. В. Бакуля НАН Украины.

Для облучения образцов АСПК источником излучения служил твердотельный неодимовый лазер генерировал излучение длиной волны 1064,1 нм на первой поперечной моде, т.е. в поперечном сечении пучок излучения имел два максимума с провалом в центре, мощность ЛИ могла плавно меняться до 39Вт. Для фокусировки излучения применялись кварцевая линза с фокусным расстоянием 10 см.

Специально была изучена акустика фокусируемого линзами излучения, т.е. изменения поперечного размера пучка излучения с расстояниями от линзы. Под размерами пучка излучения понимался диаметр круга, на границе которого интенсивность излучения была не более 20% от максимальной.

При воздействии ЛИ исключались процессы графитизации алмаза и испарения металлической составляющей СА, приводящие к резкому ухудшению прочностных свойств СА. Диаметр пучка ЛИ равнялся 4мм, время экспозиции менялось от 3 до 60сек. Изменение прочностных характеристик исследуемых групп порошков фиксировалось по относительному изменению разрушающей нагрузки (F) в результате облучения, учитываемому коэффициентом упрочнения

$$K_{упр} = \frac{F_{обл} - F_{исх}}{F_{исх}} 100\% \quad (1)$$

Разрушающая нагрузка определялась как средне статический показатель пятидесяти замеров. Значения коэффициента k для АСПК в зависимости от мощности ЛИ, в различных вариантах облучения: а) при изменении времени облучения при постоянной мощности и б) при изменении мощности ЛИ при постоянном времени облучения вычислялась по формуле 1.

Результаты эксперимента и их обсуждения.

Для обработки отобрана случайным образом, партия из 50 штук (пробы) АСПК зернистостью 400/315 мкм. Первоначально определена средняя прочность исходного порошка. Определяли максимальной коэффициент упрочнения $k_{упр}$ при постоянной мощности ЛИ $P=15,5Вт$ при различных временах воздействия ЛИ на исследуемые порошки. Нами ранее было показано, что максимальное значение коэффициенты упрочнения при воздействии ЛИ на АСПК достигалось при мощности ЛИ $P=15,5Вт$ [4]. Поэтому в этой работе при варьировании времени воздействия ЛИ на исследуемые образцы мощность ЛИ принято $P=15,5Вт$. Результаты эксперимента представлены в табл.1.

Таблица 1.

№	Разрушающая нагрузка, $F_{исх.}$ Н	Время облучения, с	Разрушающая нагрузка после облучения $F_{обл.}$ Н	Коэффициент упрочнения K, %
1.	71,3	3	90,88	27,5
2.		6	80,08	12,3
3.		9	93,09	30,5
4.		12	95,2	33,5
5.		15	81,9	14,9
6		18	64,8	-9,1

Из табл.1 видно, что коэффициент упрочнения максимально при длительности облучения в 12с. Поэтому, в следующем эксперименте время

облучения $t_{\text{обл}}=12\text{с}$ брали постоянным и варьировали мощности ЛИ от 3,5 до 32,5Вт. Результаты эксперимента представлены в табл.2

Таблица 2.

№	Разрушающая нагрузка, $F_{\text{исх.}}, \text{Н}$	Мощность ЛИ, Вт	Разрушающая нагрузка после облучения $F_{\text{обл}}, \text{Н}$	Коэффициент упрочнения $K, \%$
1.	71,3	3,5	87,33	22,5
2.		8,5	92,8	30,2
3.		10,5	93	30
4.		12,5	95,95	34,6
5.		15,5	93,84	31,6
6.		32,5	70,08	-1,3

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что при ЛИ вероятнее всего происходит исправление тонкой структуры, микротрещин на поверхности кристаллов, что и приводит к их упрочнению. В то же время сильный разогрев крупных включений, имеющих в алмазах, под воздействием ЛИ приводит к разупрочнению кристаллов. Здесь возможен процесс частичной графитизации алмазных кристаллитов при сильном разогреве ЛИ, что приводит к разупрочнению порошков АСПК.

Таким образом, итоги исследований свидетельствуют о перспективности использования лазерной технологии для упрочнения порошков из синтетических поликристаллических алмазов.

Список литературы

1. Аникин Б. А., Новиков Н. В., Воронкин М. А. Влияние газовой среды и температуры на прочность синтетических алмазов. //Доклад АН СССР. – 1980. – Т. 255, №6. – С. 1362-1364.
2. К. Хайдаров, Дж. А. Сулайманов, А. Шалпыков. Влияние лазерного облучения на прочность алмазных порошков. //Тез. Докл. II Республиканской конф. По физике твердого тела. – Ош. 1989. – С. 182.
3. Порошки алмазные. Технические условия. - ГОСТ 9206 - 80. М.: Издательство стандартов. - 1989. - 45с.
4. Б.Д. Минбаева, К.Хайдаров. Влияние лазерного излучения на структуру синтетического поликристаллического алмаза. Научный журнал «Физика», 2013, №3, С. 41-45.

УДК 539.1.074

ОРГАНИЧЕСКИЕ СЦИНТИЛЛЯТОРЫ

¹Д.К. Мамытова, ¹К.У. Утемисов, ²У.К. Мамытбеков
²М.М. Кидибаев, ²Г.С. Денисов, ²Ж.К. Мамытбеков

¹Кыргызский национальный университет им. Ж.Баласагына, 7220033, Кыргызстан,
Бишкек, ул. Абдымомунова 238.

²Институт физики имени академика Ж.Жеенбаева НАН КР,
г. Бишкек, пр. Чуй 265-а.

Аннотация. В работе рассмотрены физические свойства органических сцинтилляторов. Показано, что в качестве органических сцинтилляторов применяют люминофоры ионизирующих излучений, используя меченный люминофорами песок, можно определить степень загрязнения окружающей среды. Люминесцентные термоиндикаторы применяются для фотографической, фотоэлектрической и визуальной регистрации температур на ограниченных участках. Доказана возможность применения люминофоров в методе дозиметрии ионизирующих излучений.

Ключевые слова: люминофор, сцинтилляция, дозиметрия, флуоресценция, излучение, люминесценция, ионизация, частицы, раствор, свет, энергия, свечения.

ORGANIC SCINTILLATORS

¹D.K. Mamytova, ¹K.U. Utemisov, ²U.K. Mamytbekov,
²M.M. Kidibaev, ²G.S. Denisov, ²J.K. Mamytbekov

¹Kyrgyz National University. J. Balasagyn, 7220033, Kyrgyzstan, Bishkek, st. Abdymomunova 238.

²Institute of Physics named after academician Zh.Zh. Zheenbaeva NAS KR,
Bishkek, Chui Avenue 265-a

Abstract. The paper considers the physical properties of organic scintillators. It is shown that phosphors of ionizing radiation are used as organic scintillators; using sand labeled with phosphors, it is possible to determine the degree of environmental pollution. Luminescent thermal indicators are used for photographic, photoelectric and visual recording of temperatures in limited areas. The possibility of using phosphors in the method of dosimetry of ionizing radiation has been proven.

Keywords: phosphor, scintillation, dosimetry, fluorescence, radiation, luminescence, ionization, particles, solution, light, energy, luminescence.

Органические люминофоры, способные испускать свет под влиянием ионизирующих излучений, могут применяться в качестве сцинтилляторов. Под действием ионизирующих частиц в них возникают кратковременные вспышки – сцинтилляции.

Сцинтилляторами могут быть люминесцентные органические и неорганические вещества. Но не всякий люминофор (или его раствор)

является сцинтиллятором. При использовании в качестве сцинтилляторов жидких или твердых растворов органических люминофоров необходимо, чтобы растворитель обеспечивал эффективную передачу энергии возбуждения к центрам свечения.

Сцинтилляторы применяют в сцинтилляционных счетчиках для детектирования излучений [1]. Органические сцинтилляторы применяют в виде монокристаллов растворов люминофоров в органических растворителях (жидкие сцинтилляторы) и твердых растворов в пластмассах (пластмассовые сцинтилляторы). Они менее эффективны, чем неорганические сцинтилляторы, при регистрации γ -лучей и тяжелых частиц, имеют меньшие амплитуды импульсов и худшее энергетическое разрешение. В то же время их важным достоинством является малое время высвечивания ($\sim 10^{-9}$ с) по сравнению с наблюдаемым у неорганических ($\sim 10^{-8}$ и более секунд). Органические сцинтилляторы обладают большой прозрачностью для собственной флуоресценции, длина волны их излучения лежит вблизи максимума кривой спектральной чувствительности наиболее широко применяемых ФЭУ. Благодаря этому объем сцинтиллятора может быть большим.

При помощи органических сцинтилляторов удается решать ряд важных задач, к числу которых прежде всего, относится регистрация β -частиц низких энергий. Вследствие большого содержания атомов водорода они эффективно регистрируют быстрые нейтроны, которые выбивают из них протоны, вызывающие затем световые вспышки. При введении в сцинтилляторы некоторых элементоорганических добавок падающие на них медленные нейтроны могут вызывать ядерные реакции, также сопровождающиеся сцинтилляциями.

Органические сцинтилляторы позволяют измерять времена распада нестабильных частиц и исследовать излучения короткоживущих ядерных изотопов. Их можно использовать, хотя и с меньшей эффективностью, чем неорганические, для регистрации α -частиц, тяжелых ионов, рентгеновских и γ -лучей.

Дозиметрия ионизирующих излучений

Значительный интерес представляет применение органических люминофоров в методе дозиметрии ионизирующих излучений, основанном на зависимости степени повреждения люминофора от поглощенной дозы радиации.

Высокая радиационная стойкость таких люминофоров позволяет изготавливать из них дозиметры, служащие для измерения больших и сверхбольших доз излучений электронных ускорителей, атомных реакторов и гамма-излучателей. Ценным качеством органических люминофоров с позиций дозиметрии является их низкий эффективный номер (по сравнению, например, с кристаллофосфорами, которые также

применяются в дозиметрии). Это позволяет избавиться от энергетической зависимости чувствительности дозиметра.

Материалы для люминесцентной дефектоскопии

Одной из важных областей применения органических люминофоров является их использование в дефектоскопии изделий из различных материалов.

Развитие авиации, ракетостроения, создание космических кораблей и многих других машин, работающих в условиях больших нагрузок, предъявляют высокие требования к прочности отдельных деталей и узлов. Поэтому очень большое значение приобретает своевременное и надежное выявление дефектов, в том числе поверхностных, возникающих в процессе изготовления машин и при их эксплуатации. Эти дефекты под действием вибрации, термических и других воздействий могут быстро увеличиваться и приводить к серьезным авариям и поломкам машин. В связи с этим большое внимание уделяется разработке неразрушающих методов контроля, среди которых видное место принадлежит люминесцентной дефектоскопии.

Применение различных методов люминесцентной дефектоскопии позволяет значительно повысить контрастность трещин, выявить дефекты по яркому свечению индикаторного вещества на фоне нелюминесцирующей поверхности детали [2].

Аналогичным образом можно осуществлять контроль герметичности различных емкостей, причем во многих случаях, когда другие методы оказываются непригодными.

Согласно [3] при проверке герметичности резервуаров с жидкостями на их внешнюю поверхность наносят летучий растворитель, содержащий вещество, флуоресцирующее только в растворенном состоянии. После испарения растворителя флуоресценция исчезает, но при наличии в резервуаре течи выходящая из него жидкость растворяет люминофор и появляется флуоресценция. Тот же принцип использован в патенте [4]. На наружную поверхность контролируемой емкости наносят порошкообразную смесь диоксида кремния с тальком или другой носитель, содержащий люминофор, светящийся только в растворах. При просачивании жидкости в местах дефектов появляется флуоресценция. Поверхность резервуара для удаления излишков порошка обдувают воздухом и затем осматривают в УФ-лучах.

Метка жидких и твердых материалов

Важным и весьма распространенным применением органических люминофоров является их использование в качестве веществ для метки (метчиков) различных материалов. Ограничимся лишь несколькими примерами этого важного приложения.

Жидкости обычно метят растворением в них органических люминофоров. В геологии и гидрогеологии уже давно пользуются водорастворимыми люминофорами для наблюдения за движением водных течений. Обычно для этого применяют щелочные растворы флуоресцеина, интенсивная люминесценция которых заметна в воде в течение длительного времени даже при очень больших разбавлениях.

При помощи жидкостей, окрашенных люминофорами, геологи определяют степень разрыхленности горных пород, наблюдая скорость проникновения жидкости внутрь исследуемых образцов [5].

Для геологов и гидротехников большой интерес представляют сведения о перемещениях песков в различных водоемах. Это очень важно для предсказания возможности размывания берегов при проектировании речных пристаней, дамб, морских портов. Такую информацию получают, используя меченый люминофорами песок.

Часто искусственные смазочные масла для придания им сходства с натуральными продуктами, выделяемыми из нефти и обладающими флуоресценцией, подкрашивают люминесцентными красителями.

Раньше для автоматизации сортировки почтовых отправок использовали специальное немецкое оборудование использовали люминесцентные марки [6]. Теперь люминофоры используются в марках как средство защиты.

Бесцветные люминофоры используются для защиты банкнот во многих странах мира. Кроме того, с их помощью защищают ценные бумаги, документы, акцизные марки и многое другое. Впервые они были разработаны в России.

Большое значение метка различных объектов имеет в криминалистике. Для выявления хищений люминофоры в виде порошков наносят на поверхность вещей, несгораемых шкафов, на ручки дверей складских помещений. Цвет люминофоров подбирают так, чтобы они не были заметны на фоне меченых предметов. Под УФ-светом их следы хорошо видны на руках похитителя и вещах, к которым он прикасался.

Иногда люминесцентную метку получают в результате химических реакций люминофоров с исследуемыми объектами, как это делают при биологических исследованиях.

Применение люминофоров в текстильной промышленности позволяет различать по цвету свечения волокна из разных материалов. Так, при помощи сульфата 8-гидроскихинолина удается отличить льняную ткань от хлопчатобумажной, а, применяя смеси люминофоров – различить многие натуральные и синтетические волокна [5].

Люминесцентные термоиндикаторы

Органические люминофоры, чувствительные к изменению температуры нашли применение в качестве термоиндикаторов.

Известны обратимые и необратимые термоиндикаторы. Те и другие широко применяют в технике [7]. Обратимые дают возможность своевременно заметить перегревы в движущихся частях различных механизмов, обнаружить нагревание, связанное с перегрузкой электрического оборудования или элементов электрических цепей, контролировать качество тепловой изоляции, способствовать предотвращению попадания горячих жидкостей в холодные линии трубопроводов на химических предприятиях и решать многие другие задачи.

Необратимые термоиндикаторы фиксируют максимальную температуру внутри сложных механизмов во время их работы. Большой интерес представляет использование термоиндикаторов обоих типов для исследования температурных полей на поверхности различных машин, в том числе летательных аппаратов в процессе их испытаний и эксплуатации.

Люминесцентные термоиндикаторы применяются для фотографической, фотоэлектрической и визуальной регистрации температур на ограниченных участках поверхности и для определения температурных градиентов на больших площадях в статическом и динамическом режимах. По изменению цвета и интенсивности их свечения при определенной температуре или в узком температурном интервале судят о степени нагревания материала или изделия.

Список литературы

1. Сцинтилляционный метод в радиометрии / В. О. Вяземский, И. И. Ломоносов, А. Н. Писаревский и др. М.: Госатомиздат, 1961. 430 с.
2. Филимонова Е. А. / Е. А. Филимонова // Дефектоскопия. 1970. Вып. 5, С. 133 – 141.
3. Пат. 16897, 1981 (Япония).
4. Пат. 1570911, 1980 (Англия).
5. Люминесцентный анализ / Под ред. М. А. Константиновой-Шлезингер. М.: Физматгиз, 1961. 399 с.
6. Пат. 1181537, 1965 (ФРГ).
Абрамович Б. Г. Термоиндикаторы и их применение / Б.Г. Абрамович. М.: Энергия, 1972. 224 с.

УДК 535.4; 681.787

ЦИФРОВАЯ ГОЛОГРАФИЯ

Т.Э. Кулиш, Д.А. Исмаилов, К.М. Жумалиев

*Институт физики им. академика Ж.Ж. Жеенбаева НАН КР,
г. Бишкек, Чуй проспект 265-а,
tkulish@mail.ru, ismailov_j@mail.ru, jkm56@mail.ru*

Аннотация. В данной статье рассматриваются общие принципы голографии, касающиеся самой важной темы в цифровой голографии – голографии Фурье.

Ключевые слова: голограмма, цифровая голография, голография Фурье, прибор с зарядовой связью, голографическое преобразование.

DIGITAL HOLOGRAPHY

T.E. Kulish, D.A. Ismailov, K.M. Zhumaliev

*Institute of Physics named after academician Zh.Zh. Zheenbaeva NAS KR,
Bishkek, Chui Avenue 265-a
tkulish@mail.ru, ismailov_j@mail.ru, jkm56@mail.ru*

Abstract. In this scientific paper, we discuss general principles of digital holography and touch upon the most important part of it – Fourier’s holography.

Keywords: hologram, digital holography, Fourier’s holography, charged coupled device, holographic reconstruction.

1. Общие принципы

Концепт цифровой голографической съемки показан на рисунке 1(а) [1]. Плоская опорная волна и объектная волна пересекаются на поверхности прибора с зарядовой связью (ПЗС). Получившаяся в результате этого голограмма записывается и сохраняется в электронном виде. Объектом зачастую является трехмерное тело с диффузно-отражающей поверхностью, находящееся на расстоянии d от ПЗС.

В оптической реконструкции виртуальное изображение появляется на месте оригинального объекта, а действительное изображение также формируется на расстоянии d , но в противоположном направлении от ПЗС.

Дифракция световой волны на щели (в этом случае голограмма), установленной перпендикулярно по отношению к входящему лучу, подробно объяснена [2] интегралом Френеля-Кирхгофа:

$$\Gamma(\xi, h) = \frac{i}{\lambda} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y) E_R(x, y) \frac{\exp(-i\frac{2\pi}{\lambda}\rho')}{\rho'} dx dy \quad (1)$$

при

$$\rho' = \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + d^2} \quad (2)$$

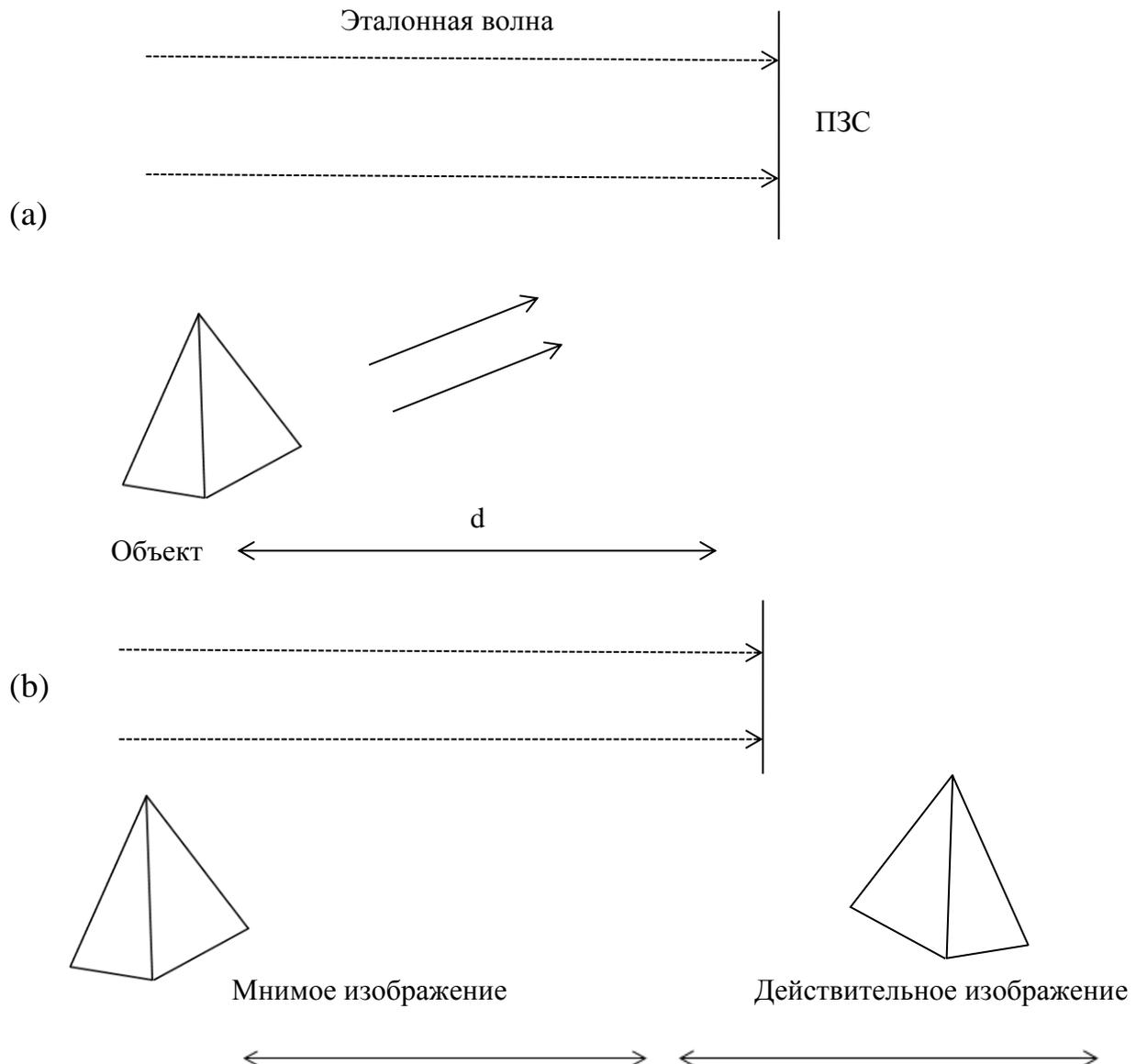
где $h(x,y)$ – голографическая функция, p' – расстояние между точками на голографической и реконструированной плоскостях. Коэффициент наклона равен одному, потому что углы θ и θ' примерно равны нулю.

$E_R(x,y)$ для плоской опорной волны определяется реальным размахом (амплитудой):

$$E_R(x,y) = a_R + i0 = a_R \quad (3)$$

Дифракционная картина высчитывается на расстоянии d за плоскостью ПЗС, а значит, она воссоздаёт комплексную амплитуду на плоскости настоящего изображения.

Уравнение (1) является основой для числовой голографической реконструкции, потому что преобразованное волновое поле $\Gamma(\xi', \eta')$ есть сложная функция, чью интенсивность и фазу можно рассчитать, в то время как в оптической голографической реконструкции рассмотреть можно только интенсивность волны [3]. Это интересное свойство цифровой голографии используется в цифровой голографической интерферометрии.



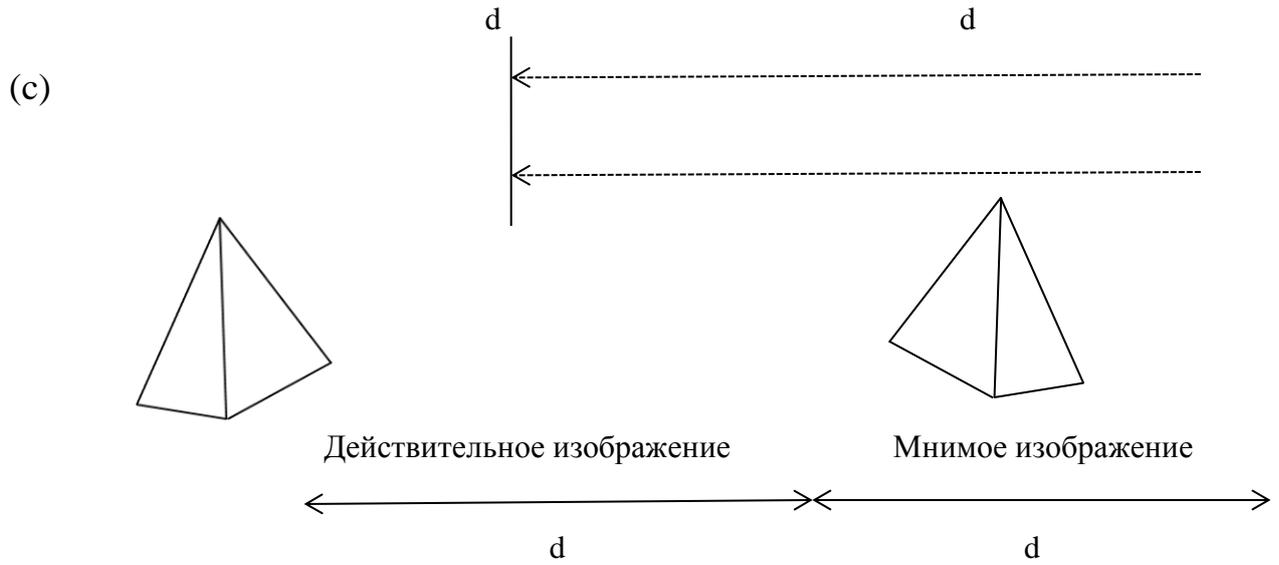


Рис.1. Цифровая голография

- (a) Съемка
- (b) Реконструкция с объектной волной E_R
- (c) Реконструкция с сопряженной опорной волной E_R^*

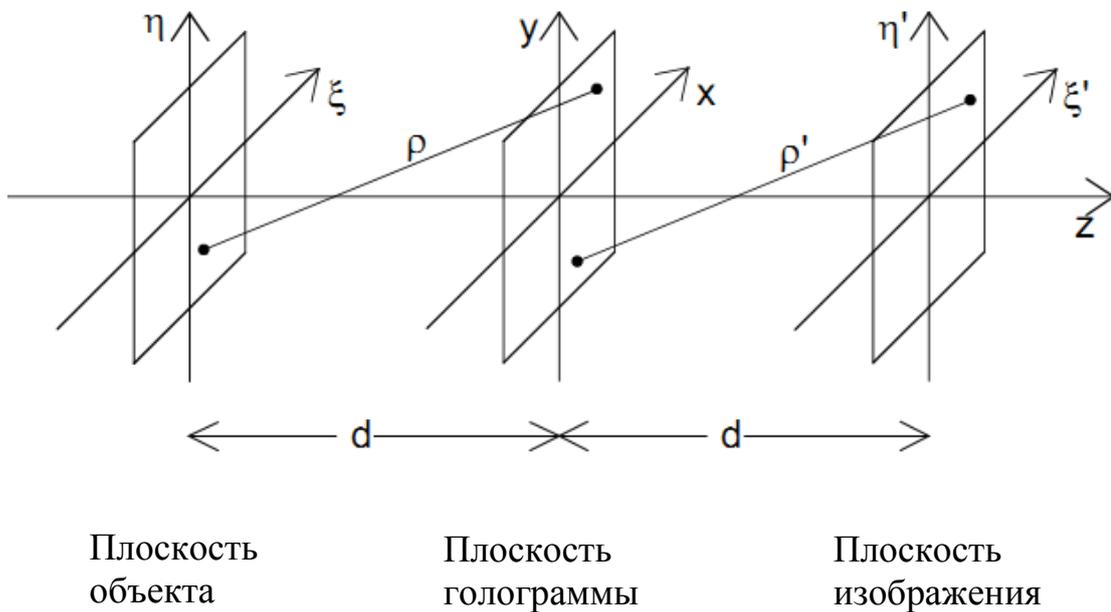


Рис.2. Координатная система для цифровой голографической реконструкции

Действительное изображение может быть искажено. Неискаженное действительное изображение можно получить, используя сопряженный опорный луч для восстановления. Чтобы восстановить неискаженное

действительное изображение в цифровой голографии, нужно подставить E_R^* вместо E_R в уравнение (1):

$$\Gamma(\xi, h) = \frac{i}{\lambda} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y) E_R^*(x, y) \frac{\exp(-i\frac{2\pi}{\lambda}\rho)}{\rho} dx dy \quad (4)$$

при

$$\rho = \sqrt{(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + d^2} \quad (5)$$

Порядок восстановительного процесса показан на рисунке 1(с). Действительное изображение возникает на месте, где во время первоначальной съемки находился объект. Стоит добавить, что для плоской опорной волны, указанной в уравнении (3), обе формулы реконструкции, уравнения (1) и (3.4), эквивалентны друг другу, потому что $E_R = E_R^* \equiv a_R$.

Система, показанная на рисунке (1), с плоской опорной волной, падающей перпендикулярно ПЗС, часто используется в цифровой голографии. Другие схемы записи (схемы регистрации) обсуждаются позже в тексте.

Реконструкция виртуального изображения также возможна путем подтверждения отображающих свойств (характеристик) линзы цифровому процессу реконструкции [4]. Цифровая линза передает информацию линзе наблюдателя, который следит за процессом через оптически воссозданную голограмму. В самом простом случае линза находится прямо за голограммой, рисунок 3. Отображающие свойства линзы с фокусным расстоянием f объяснены комплексным коэффициентом:

$$L(x, y) = \exp\left[i\frac{\pi}{\lambda f}(x^2 + y^2)\right] \quad (6)$$

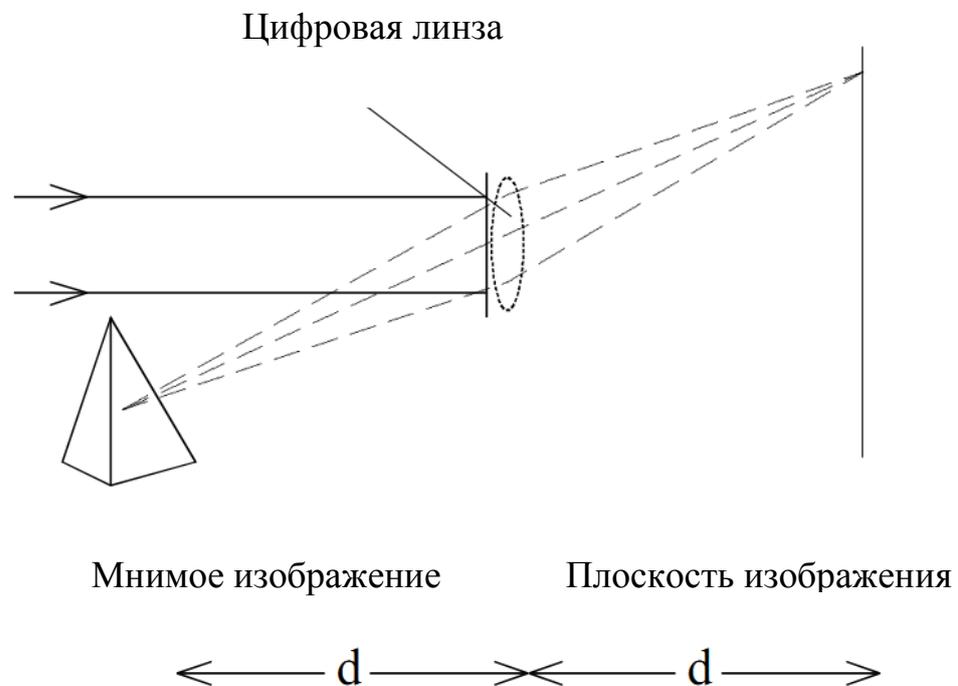


Рис.3. Реконструкция виртуального изображения

Для увеличения размеров восстановленного изображения нужно использовать фокусное расстояние $f = d/2$.

Линза, описанная в уравнении (6), создает отклонения по фазе, которые можно исправить, умножив реконструированное волновое поле на коэффициент:

$$P(\xi', \eta') = \exp \left[i \frac{\pi}{\lambda f} (\xi'^2 + \eta'^2) \right] \quad (7)$$

Полная формула для реконструкции через виртуальную линзу при $f = d/2$ представлена ниже:

$$\Gamma(\xi', \eta') = \frac{i}{\lambda} P(\xi', \eta') \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y) E_R(x, y) \frac{\exp(-i \frac{2\pi}{\lambda} \rho')}{\rho'} dx dy \quad (8)$$

2. Цифровая голография Фурье

Особая голографическая структура записи на рисунке 4 называется *безлинзовой голографией Фурье*. Она также используется в цифровой голографии. Источник сферической опорной волны находится на плоскости объекта.

$$E_R = \frac{\exp(-i \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{d^2 + x^2 + y^2})}{\sqrt{d^2 + x^2 + y^2}} \quad (9)$$

Выражение $\sqrt{d^2 + x^2 + y^2}$ обозначает расстояние между источником и точкой с координатами (x, y) на плоскости ПЗС матрицы. Приближение из уравнения (9) есть то же самое, что используется для выведения формулы преобразования Френеля. Введение этого выражения в формулу преобразования мнимого изображения приводит к следующему уравнению:

$$\Gamma(\xi, \eta) = C \cdot \exp \left[+i \frac{\pi}{\lambda d} (\xi^2 + \eta^2) \right] \mathfrak{F}^{-1} \{ h, (x, y) \} \quad (10)$$

C – это комплексная константа. Следовательно, безлинзовая голограмма Фурье преобразована при помощи преобразования Фурье. В безлинзовой голографии Фурье невозможно концентрироваться на различных площадях в пределах объема того или иного объекта, так как расстояние преобразования d не присутствует в уравнении (10). Коэффициент сферической фазы $\exp(-i\pi/\lambda d(x^2 + y^2))$, связанный с преобразованием Френеля, уничтожается из-за использования сферической опорной волны с одинаковым изгибом [4].

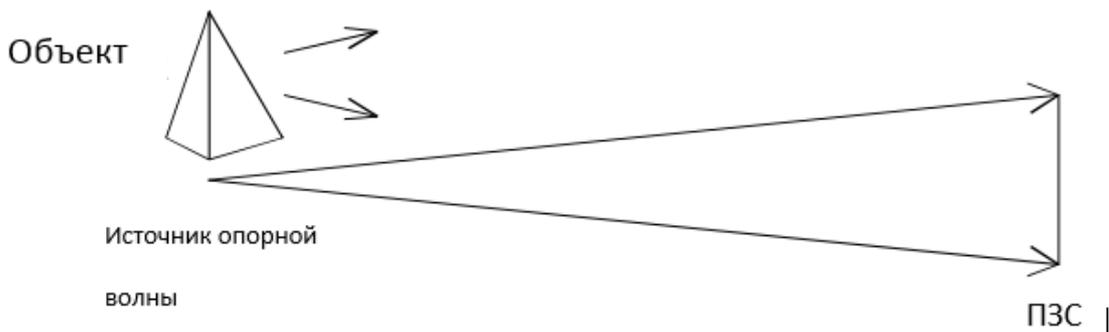


Рис.4. Цифровая безлинзовая Фурье голография

Список литературы

1. Schnars U, Jüptner W (1994) Direct recording of holograms by a CCD-target and numerical reconstruction. *Applied Optics* 33(2):179-181.
2. Yaroslavskii LP, Merzlyakov NS (1980) *Methods of digital holography*. Consultants Bureau, New York.
3. Schnars U (1994) Direct phase determination in hologram interferometry with use of digitally recorded holograms. *Journ Opt Soc Am A* 11(7):2011-2015, reprinted (1997) In: Hinsch K, Sirohi R (eds). *SPIE Milestone Series MS 144*, pp 661 – 665.
4. Schnars U (1994) Digitale Aufzeichnung und mathematische Rekonstruktion von Hologrammen in der Interferometrie VDI-Fortschritt-Berichte series 8 no 378 VDI, Düsseldorf.
5. Wagner C, Seebacher S, Osten W, Jüptner W (1999) Digital recording and numerical reconstruction of lensless Fourier holograms in optical metrology. *Appl Opt* 38(22):4812-4820.

ОГЛАВЛЕНИЕ

А. Ганыева		
Н.Ж. Казыбекова	Нурлантылган LiKSO_4 кристаллында Cu^{2+}	
Н. Райымкул кызы	кошулма ионунун жергиликтүү	
К. Шаршеев	жетишпегендиктер менен аракеттешүүсү...	6
К. Хайдаров	Изучение пикнометрической плотности	
А.К. Арыков	алмазосодержащих композиционных	
	материалов.....	12
Н. Сыдык уулу	Микроперемещение объектива	
И.А. Снимщиков	пьезоэлектрическим актуатором.....	16
Р.Р. Камаев		
А.С. Капаров	Решение задачи дифракции на препятствии	
К.Ш. Ашымканов	применительно к отражающим пассивным	
А.Т. Осмонбаев	устройствам.....	20
Н.К. Касмамытов	Обеспечение огнестойкости	
А.Б. Куйкеев	теплодымокамеры.....	28
Д.С. Джураев	Теплоёмкость и теплопроводность	
	коллоидных жидкостей в зависимости от	
	температуры и концентрации железного	
	порошка.....	32
А.Т. Орозобаков	Отклонения общего содержания озона по	
Б.Б. Саякбаева	обработкам обсерватории данных мировой	
	сети наземных станций и спутниковых	
	наблюдений.....	36
К.К. Талыпов	Использование вегетационных индексов для	
Н.Т. Аманова	улучшения дешифровочных свойств	
	снимка.....	43
К. Хайдаров	Изменение прочности синтетического	
Б. Д. Минбаева	алмаза карбонадо зернистостью 400/315 мкм	
О.Т. Абдылдаев	под действием лазерного излучения.....	48
Д.К. Мамытова		
У.К. Мамытбеков		
М.М. Кидибаев		
К.У. Утемисов		
Г.С. Денисов		
Ж.К. Мамытбеков	Органические сцинтилляторы.....	52
Т.Э. Кулиш		
Д.А. Исмаилов		
К.М. Жумалиев	Цифровая голография.....	57

ПАМЯТКА ДЛЯ АВТОРОВ

Документы

- Сопроводительное письмо на имя главного редактора журнала печатается на бланке учреждения, представляющего статью.
- Рецензия.

Составные части статьи и порядок их следования

1. Объем материала от 4 до 10 страниц набранного текста, оформленного в текстовом редакторе Microsoft Word, файл в формате .doc или .docx (шрифт 14, Times New Roman, интервал 1). Поля: верхнее, нижнее-20мм, левое-2,5мм, правое-15мм. Графический материал должен быть четким, разрешение не менее 300 пикселей

2. В верхнем левом углу указывается универсальная десятичная классификация (УДК)

3. Следующий абзац – название статьи указывается по центру (шрифт 14 полужирный ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ);

4. Во втором ряду фамилия имя отчество автора(ов);

5. В третьем ряду указывается полное название учебного заведения (место работы или учебы), город и страна.

6. Дальше через строку - аннотация не менее 50 слов на языке статьи (на русском и английском языках); *ключевые слова от 3 до 5 слов и словосочетаний* (на русском и английском языках)

7. Дальше через строку идет изложение материала (шрифт 14);

- **Введение** (состояние проблемы, задачи исследования);

- **Основная часть** – название в текст не вносится. Основную часть рекомендуется разбивать на разделы с названиями, отражающими их содержание: постановка задачи, методы исследования, математическая модель, обсуждение результатов и т.д.

- **Заключение** (выводы).

8. После основного текста указывается список литературы (Список использованной литературы). Список литературы оформляется не по алфавиту, а по мере того, как она встречается в тексте статьи. Схема списка литературы:

Авторы (обычный шрифт) → **название статьи** (обычный шрифт) → **выходные данные** (город, издательство) → **цифровые данные** (год, страницы). (Острейковский В.А., Карманов Ф.И. Статистические методы обработки экспериментальных данных с использованием пакета MathCAD. М.: ИНФРА-М, 2015. 207 с.).

9. Рисунки и таблицы набираются шрифтом Times New Roman 12 с одинарным междустрочным интервалом. Рисунки, диаграммы и таблицы создаются с использованием черно-белой гаммы. Использование цвета и заливок не допускается! Все рисунки и таблицы должны иметь название.

10. Формулы следует набирать с помощью редактора формул Microsoft Equation и нумеровать в круглых скобках (2).

Отдельным файлом подаются сведения об авторе

контактный телефон: (Viber, WhatsApp, Telegram, Mail.Ru Агент)

e-mail: _____

11. Авторы и рецензенты несут полную ответственность за содержание, стиль и качество оформление статьи.