

FAN VA TEXNOLOGIYALAR TARAQQIYOTI

DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGI

1
2026

Tahririyat hay'ati raisi:
SIDDIQOVA S.G'. –
Buxoro davlat texnika universiteti rektori

Muovini:
NIZAMOV A.B. –
BuxDTU ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha prorektori
Tahrir hay'ati:

MUQIMOV K.M. – O'zR FA akademigi (O'zMU)
JALILOV A.T. – O'zR FA akademigi (Toshkent kimyo-texnologiya ITI)
NEGMATOV S.N. – O'zR FA akademigi ("Fan va taraqqiyot" DUK)
BAHODIROV G'.A. – t.f.d., professor, O'zR FA bosh ilmiy kotibi
XAMIDOV O.X. – iqtisod fanlari doktori, professor (BuxDU)
JALILOV T.K. – iqtisod fanlari doktori (DSc), professor (TKTI)
PARDAYEVA M.D. – BuxDTU yoshlar masalalari va ma'naviy-ma'rifiy ishlar bo'yicha birinchi prorektori, falsafa fanlari doktori (DSc)
XOJIYEV A.X. – o'quv ishlari bo'yicha prorektor, texnika f.f.d. (PhD)
SAIDOV S.B. – Buxoro DTU moliya va iqtisod ishlari bo'yicha prorektori
QURBONOV J.M. – texnika fanlari doktori, professor (Samarqand ISI)
ADIZOV B.Z. – texnika fanlari doktori (DSc), pprofessor, O'zRFA UNKI
ASTANOV S.X. – fizika-matematika fanlari doktori, professor
RAXMONOV X.Q. – texnika fanlari doktori, professor
VOXIDOV M.M. – texnika fanlari doktori, professor
JO'RAYEV X.F. – texnika fanlari doktori, professor
SADULLAYEV N.N. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAJIDOV Q.X. – texnika fanlari doktori, professor
FOZILOV S.F. – texnika fanlari doktori, professor
ISABAYEV I.B. – texnika fanlari doktori, professor
ABDURAHMONOV O.R. – texnika fanlari doktori, professor
GAFUROV K.X. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
XAYDAROV A.A. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
JO'RAYEV F.O'. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MURADOVA F.R. – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor
JUMAYEV M.R. – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor
YUNUSOVA G.S. – falsafa fanlari doktori (DSc), professor
BOBOYEV A.Ch. – iqtisodiyot fanlari nomzodi, professor
TO'XTAYEVA Z.Sh. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAXMUDOV M.J. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
HAYITOV R.R. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
BOZOROV G'.R. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
BOLTAYEV Z.I. – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor
OLTIYEV A.T. – texnika fanlari doktori, (DSc)
JALILOV R.B. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAXMUDOV M.I. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAJIDOVA N.Q. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
AXMEDOV V.N. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
MAXMUDOV R.A. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
PULATOVA M.I. – fizika-matematika fanlari nomzodi, professor
RAHMATOV Sh.A. – pedagogika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
OCHILOV A.R. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
O'RINOV U.A. – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor
PO'LATOVA S.U. – texnika fanlari doktori (DSc), professor
SAMIYEVA Sh.X. – pedagogika fanlari doktori (DSc), professor
TESHAYEV M.X. – fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor
XAITOV V.U. – iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent
XOJIYEV Sh.M. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
XAYITOV Sh.N. – iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent
ZOIROV E.X. – falsafa fanlari doktori (DSc), dotsent
NARZIYEV M.S. – texnika fanlari doktori (DSc), dotsent
NAMAZOVA N.J. – iqtisodiyot fanlari b.f.d. (PhD), dotsent

Bosh muharrir: DO'STOV H.B. – kimyo fanlari doktori, professor

Muharrirlar: Artikova M.M., Istamova G.X.
Musahhih: Barakayeva D.F.

FAN VA TEXNOLOGIYALAR
TARAQQIYOTI
ILMIY-TEXNIKAVIY JURNAL

DEVELOPMENT OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY
SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot agentligi Buxoro viloyati boshqarmasida 2014 yil 22-sentyabrda № 05-066-sonli guvohnoma bilan ro'yxatga olingan

Muassis:
Buxoro davlat texnika universiteti

Jurnal O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi OAK Rayosatining 2017 yil 29-martdagi №239/5-sonli qarori bilan dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan. 2019 yilda O'zbekiston Respublikasi OAK Rayosatining qarorlari bilan qayta ro'yxatdan o'tkazilgan.

Tahririyat manzili:
200117, Buxoro shahri, Q. Murtazoyev ko'chasi, 15-uy, Buxoro davlat texnika universiteti
Tel: 0(365) 223-92-40
Faks: 0(365) 223-78-84
E-mail: fannt_jurnal@umail.uz

Jurnalning to'liq elektron varianti bilan <http://journal.bstu.uz> sayti orqali tanishish mumkin.

Ushbu jurnalda chop etilgan materiallar tahririyatning yozma ruxsatisiz to'liq yoki qisman chop etilishi mumkin emas. Tahririyatning fikri mualliflar fikri bilan har doim ham mos tushmasligi mumkin. Jurnalda yoritilgan materiallarning haqqoniyligi uchun maqolalarning mualliflari va reklama beruvchilar mas'uldirlar.

MUNDARIJA – СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

TEXNIKA, TEXNOLOGIYA VA JIHOZLAR	
Normayev Q.H., Pardayeva Sh.S., Pirnazarov Sh.V., Ashirova M.R., Jalg'asova G.S. Burg'ilash mashinalari va ularning mexanizmlarini samarali qayta tiklash texnologiyalari.	5
Azamjonov R.S. Eksploatatsiyadagi avtoyo'l ko'priklarining yuk ko'tarish qobiliyatini oshirish usulini takomillashtirish	11
Xolmuxammadiyev A.M., Toshev Sh.O. Burg'ulash eritmasidan markazdan qochma separator yordamida yengillashtirilgan eritma tayyorlash texnologiyasi	15
Джураев Х.Ф., Ўктамова Ш.Х. Ковок уруғи қобиғининг синдириш кучларини аниқлаш методикаси	20
Mansurov O.A. Improving the drying process of fruits using convective method.	24
Jo'rayev F.O., Jo'rayev A.A., Saidova G.K. Uneversal qurilmaning yumshatuvchi ish oraganining parametrlarini uning ish ko'rsitkichlariga ta'siri.	27
Авлиякулов Н.Н. Достижение качества измерительных процессов при метрологическом обеспечении производства	32
Do'stov H.B., Rahimov B.R., Savriyev F.A. Suvlangan gaz quduqlarini qayta ishga tushirish texnologiyasini takomillashtirish tahlili.	36
KIMYO VA KIMYOVIY TEXNOLOGIYALAR	
Toshboyev S.O., Panoyev E.R., Hasanov Z.Z. Gazlarni tozalashda qo'llaniluvchi absorbentlarning tavsifi va unda hosil bo'ladigan ko'piklanish sabablari.	43
Умаров С.Х., Рустамов В.Дж., Халлоков Ф.К., Ходжаев У.О., Нарзуллаева З.М. Механизм отрицательной фотопроводимости в TiGaSe ₂	47
Фозилов Х.С., Туробжонов С.М., Фозилов С.Ф. Маҳаллий иккиламчи хом ашё – куйи молекулали полиэтиленни оксидлаб синтетик юқори ёғ кислоталари олиш ва уларнинг физик-кимёвий хоссалари.	52
Абдирахимов И.Э. Способы предотвращения образования гидрата при переработке газов.	57
Alinazarov A.X., Shariboyev N.Y., Jo'raxanov D.M. Anaerob parchalanish jarayonida harorat barqarorligining metanogen bakteriyalar faolligiga ta'siri va uni quyoshli issiqlik tizimi orqali ta'minlash.	61
Abdirakhimov I.E. Anticorrosion properties of copper phosphide.	66
Norqulov J.F., Ibodullayev M.X., Abduraxmonov O.R., Kodirov O.Sh. Amin eritmalarini issiqlikka bardoshli tuzlardan tozalash jarayonini modellashirish.	72
Абдирахимов И.Э., Буранов Ф.Э., Курбанов А.Т. Исследование технологических параметров, рекомендованных для синтеза этилена из метана.	79
Rahimov B.R. Yuqori qatronli neftlarning qovushqoqligini pasaytiruvchi depresantlar kompozitsiyasini ishlab chiqish.	86
Эшдавлатова Г.Э., Камолов Л.С. Определение концентрации диэтанолamina титриметрическим методом	91
Rahimov B.R. Qoldiq neftlarni olishda chuqurlik nasos qurilmasini takomillashtirishning dolzarb muamolari.	96
Yuldashev T.R., Buronov F.E., Hafizov S.Sh. Tabiiy gazning tarkibidagi zaharli komponentlarni aminlar yordamida tozalash jarayonlari.	100

MASHINASOZLIK VA ENERGETIKA	
Bafoyev D.X. Detallar sirtini plastik deformatsiyalash va bir tekis mikrorelefnı shakllantirish	107
Majitov J.A. Bioreaktor devorining turli sirtlarida issiqlik berish koeffitsiyentlarini hisoblash va tahlil etish.	112
Azamov S.S. Uch fazali tok o'zgartkichlari yordamida asinxron motorlarni himoya qilish tizimi tatqiq etish.	118
Maxmudov M.I., Qo'shshayeva M.R., Nurov S.S., Timirov H.N., Sayfiyev H.O. Quyosh panellarining samaradorligiga changlanganlikning ta'sirini o'rganish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar tahlili.	122
Атауллаев А.О. Исследование и разработка виброустойчивых инклинометрических преобразователей для систем контроля и управления.	128
Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B. Tojlanish jarayonining yuqori kuchlanishli havo liniyalaridagi quvvat yo'qotishlariga ta'sirini baholash.	135
Murodov K.J. Ko'p qavatli binolarning vertikal chiqindi quvurlaridagi suyuqlik oqimlaridan elektr energiya hosil qilish.	141
Xamroyev X.X. Mexanik ishlov berishda sirt qatlamining mexanik xususiyatlari.	145
Tojimurodov D.D. Asinxron motorlarni nosimmetrik rejimlari.	149
Sadullayev N.N., Nematov Sh.N., To'xtayev Sh.B., Soliyeva Z.N., Murtazoyev F.F. O'zbekistonda quyosh sovitish tizimlari va ularning texnik imkoniyatlari.	154
INFORMATIKA VA AXBOROT – KOMMUNIKATSION TIZIMLAR	
Babomuradov O.J., Kuyliyeva F.A. Statistical analysis of social network messages.	163
Madaminov U.A., Qodirov D.R. Katta hajmli ma'lumotni parallel qayta ishlashda Hadoop MapReduce tizimini qo'llash.	168
Каххоров М.М. Моделирование ветровой турбины типа Дарье и обоснование её параметров в системе Ansys Fluent.	173
Maxmudov M.Sh. Relief morfometrik ko'rsatkichlari asosida marshrutlashning model va algoritmlari.	179
OZIQ-OVQAT SANOATI TEXNOLOGIYALARI	
Ravshanov S.S., Botirov M.Sh., Ergashev A.M., Mirzaev J.D., Shodmonqulova Q. Quruq iqlimda yetishtirilgan bug'doy donini ochiq omborlarda saqlashning mahsulot xossalariga ta'siri.	184
Sharipov N.Z., Qo'ldosheva F.S. Gilos danagidan moy olish jarayonini infraqizil nurlar yordamida jadallashtirish.	187
Шарипов Н.З. Интенсификация процесса получения масла из ядра косточек вишни в поле сверхвысокочастотного тока.	190
Баракаев Н.Р., Шукуров Ю.У. Мева ва сабзавотларни сублимация йўли билан қуритишнинг илмий асослари.	194
Ibragimov R.R., Sharipov N.Z. Bodringni konservalash jarayonida noan'anaviy usulda issiqlik ishlov berish jarayonini nazariy asoslari.	199
Kuliyev N.Sh. Meva va sabzavot sharbatlarini ko'pirtirishda ko'pik hosil qilish va emulgirlash xususiyatlarining dinamikasi.	203
Мухамедова М.Э. Разработка рецептуры диабетических сдобных сухарей с использованием синергии растительных компонентов.	209
Хужакулов У.К., Мажидова Н.К., Мажидов К.Х. Исследование показателей качества местных сортов овощной продукции длительного хранения.	220

Файзиев А.А., Ахмедов В.Н., Кедельбаев Б.Ш. Технология приготовления натурального мясного полуфабриката ферментированного бифштекса	227
TO‘QIMACHILIK VA YENGIL SANOAT TEXNOLOGIYALARI	
Ramazonov S.S., Ismoyilov F.B. Tola sifatini yaxshilash va tozalash maqsadida jinlash mashinasini ishchi qismlarini takomillashtirish.	233
Muxitdinova M.A., Bebutova N.N. Milliylik va zamonaviylik uyg‘unligi: O‘zbek libos dizaynida yangi yo‘nalishlar.	237
Nematova L.X., Qodirova D.X. Yoshi katta ayollar fe‘l atvori belgilari bo‘yicha iste’molchilarning tipologik xususiyatlarini aniqlash.	242
Saidova A.S., Saidova G.Sh., Fayzilloyeva N.B. Tikuv mashinasining tahlama qurilmadagi taxlam hosil qilishda takomillashgan tahlam berishdagi tishlarini turli ko‘rinishda choklarga ta’siri.	246
Совутов М.Э., Мусаев Н.М., Холиқов К.М., Мукимов М.М. Исиклик сақлаш хусусияти юкори бўлган трикотаж тўкималарининг физик-механик кўрсаткичлари тадқиқи . . .	251
Shodmonova M.S. Elastikligi yuqori bo‘lgan polimer kompozitsiya olish usulini ishlab chiqish	258
Садуллаева Д.А. Современные материалы: Хан-атлас – традиция и инновация.	261
Джурраев А., Росулов Р.Х., Пардаев Б.Ч., Имомназаров М.С. Пахтани майда ифлосликлардан тозалагичнинг самарали конструкцияси.	267
Aliyev Sh.B. Tikuv mashinasining tishli reykasini lazer nuri yordamida termik ishlov berishning matematik modeli.	270
Musayev S.S., Qodirov T.J. Reseptura ko‘rsatkichlarining poliolefin va etilenpropilen kau-chugi asosidagi poyabzal kompozitsiyalarining iste’mol va texnologik xususiyatlariga ta’siri.	275
Amonov A.R., Muxammedjanov M.M. Tikuv mashinasi qavariq rezinali vtulkali qayishqoq tayanchlarga o‘rnatilgan bosh vali tebranish amplitudasi tahlili.	281
Berdimuratov U.T., Rosulov R.X., Pardayev B.Ch. Arrali jinlar konstruksiyasi, asosiy ishchi organlari, ishlash jarayoni.	284
Muxammedova M.O., Axmedov J.J. O‘smirlar uchun soddalashtirilgan ortopedik poyabzal elementlarining konstruktiv yechimlarini ishlab chiqish.	286
Temirova G.I., Shodmonova M.S. Polimer kompozitsiya asosida ko‘p qatlamli mo‘ynali paketlar tayyorlash texnologiyasi.	291
Saidova X.X., Murodova Z., Ulugova N. 3D va ko‘p o‘lchovli geometrik yondashuvlar asosida bolalar kiyimini konstruktiv loyihalash.	295
Kuliyeva D.R. Bazalt mato qo‘llanilgan maxsus kiyim turini tanlash va konstruksiyasini ishlab chiqish	299
Sharipov J.O., Sayitqulov S.O., Begmurodov A.F. Detallarni yeyilishi va korroziyalanishiga asosiy sabablar hamda ulardan himoyalanih.	306
Toshpulotov L.I., Xamrayeva S.A. Turli o‘rilishli ikki qatlamli ko‘ylakbop matolarning mexanik va deformatsion xususiyatlarining o‘zgarishi.	309
Sayitqulov S.O., Razzoqov R.R. Paxtani mayda iflosliklardan tozalash mashinasining yangi konstruksiyasini ishlab chiqish.	314
Qodirova S.X. Ayollar ustki liboslari bo‘yicha istiqbolli moda yo‘nalishlarini tahlil qilish	318
Каримова Н.Х. Оценка свойств двухслойных трикотажных тканей на основе структурного и механического анализа противостойчивости к трению и разрывного удлинения . . .	322
Maxmudova X.M. Paxta quritishning ahamiyatliligi va undagi texnik muammolar.	326
Behbudov Sh.H., Samadova M.O. Ip va matoga ta’sir etuvchi tashqi kuchlar asosida tikuv mashinasi bo‘g‘inlarining harakat tenglamalarini tahlil qilish.	332

Шопулатов А.А., Райимкулов Ж.К., Бердимуратов У.Т., Росулов Р.Х. Пахтани майда ифлосликлардан тозалашда қозикчали-планкали барабан планкаларининг таъсири	336
Sultonov M.M., Aloxodjayev A.M., Mirzaaxmedova D.Yu. Takomillashtirilgan tozalash qurilmasining texnologik parametrlarini tadqiq qilish.	340
Azimova G.A., Shokirov L.B. Mahalliy xomashyolarga asoslangan yarim jun to‘qimalar ishlab chiqishning dolzarb masalalari.	350
Agzamova S.M., Gulyayeva G.X., Mukimov M.M., Karimova N.H. Turli xomashyoli ikki qatlamli trikotaj to‘qimalarining sifat ko‘ratkichlarini kompleks baholash.	354
ANIQ VA IJTIMOIIY-IQTISODIY FANLAR	
Mannonov Y.O. Kitobxonlik madaniyatini oshirishning ayrim masalalari.	360
Мухамадиев Б.Т, Мухамадиева З.Б., Джамалов С.Ш. Значение сбалансированного кишечного микробиома в укреплении физического и психологического здоровья	363
Xakimova M.Y. Elektron kutubxonani yaratishda zamonaviy dasturiy-texnik ta’minot	372
Шарипов М.З., Назаров Э.С., Зокирова З.М., Иброхимова С.Ш., Муминов Ш.Х. Структура и свойства одномерных микромагнитных конфигураций в ферромагнитных кристаллах.	375
EKOLOGIYA VA ATROF MUHIT MUHOFAZASI	
Мамедов Р.А., Жамолов Ж.Ж. Оценка низконапорного гидроэнергетического потенциала водозаборных сооружений и ирригационных каналов.	381
Мамедов Р.А. Исследование зависимости выхода водорода от термохимических характеристик электролита в процессе электролиза.	391

UO'K 621.372

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВИБРОУСТОЙЧИВЫХ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ**Атауллаев А.О.****Навоийский государственный горно-технологический университет.**

Аннотация. Одной из важных задач является создание автоматизированных систем управления технологическими процессами при бурении нефтяных и газовых скважин (АСУТП-бурение), позволяющих повысить производительность труда и качество работ. В настоящее время все более широкое развитие получает бурение наклонно-направленных скважин. Бурение наклонно-направленных скважин значительно сложнее, чем одностовольных вертикальных и связано с большим объемом инклинометрических работ по измерению параметров скважины. Важным резервом повышения производительности труда при бурении является создание систем автоматического управления (САУ) ориентацией бурового инструмента, как одной из подсистем АСУТП-бурение, повышающих точность проходки скважины и обеспечивающих экономию материальных средств и времени.

Ключевые слова: синусно-косинусные вращающиеся трансформаторы, синусная обмотка, косинусная обмотка бесконтактные первичные преобразователи зенитного угла, принципы построения, погрешность, схема замещения, активное сопротивление, индуктивное сопротивление, сопротивление взаимной индукции.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF VIBRATION-RESISTANT INCLINOMETRIC TRANSDUCERS FOR CONTROL AND MONITORING SYSTEMS**Ataullayev A.O.****Navoi state mining and technology university.**

Annotation. One of the important tasks is the development of automated process control systems for drilling oil and gas wells (APCS-Drilling), which make it possible to improve labor productivity and the quality of operations. At present, the drilling of directional and inclined wells is becoming increasingly widespread. The drilling of directional wells is considerably more complex than that of single vertical wells and involves a greater volume of inclinometric work to measure wellbore parameters. An important reserve for improving labor productivity in drilling operations is the creation of automatic control systems (ACS) for the orientation of drilling tools, as one of the subsystems of APCS-Drilling, which increase the accuracy of wellbore trajectory control and ensure savings in both material resources and time.

Key words: sine-cosine rotary transformers, sine winding, cosine winding, non-contact primary converters of the zenith angle, design principles, error (accuracy), equivalent circuit, active resistance, inductive reactance, mutual inductance reactance.

Введение. Внедрение САУ ориентацией бурового инструмента затруднено в связи с отсутствием первичных инклинометрических преобразователей (ИП), удовлетворяющих специфическим требованиям, предъявляемым системой управления по ветроустойчивости - способности выдавать информацию о траекторных параметрах скважины и положении отклоняющего устройства с высокой точностью при воздействии вибрационных и ударных перегрузок. Для повышения виброустойчивой инклинометрических преобразователей необходимо снижать частоту собственных колебаний чувствительных элементов (маятников) ИП по отношению к частоте вибрации. В известных ИП частота собственных колебаний чувствительных элементов лежит в диапазоне 2-4 Гц, что обуславливает дополнительную погрешность преобразования зенитного угла свыше 10^0 . В связи с этим, они позволяют проводить измерения только дискретно, при остановке процесса бурения, что делает их применение в САУ ориентацией бурового инструмента затруднительным. Отсюда вытекает необходимость исследования первичных инклинометрических преобразователей, удовлетворяющих специфическим требованиям САУ ориентацией бурового инструмента по виброустойчивой [1-6].

Основная часть. Анализ по инклинометрическим преобразователем зенитного угла и угла установки отклонителя показывает, что в них в основном рассматриваются различные конструкции ИП на основе физического маятника, их кинематические схемы и экспериментальные исследования. Для САУ буровым инструментом более перспективны

виброустойчивые ИП с низкой частотой собственных колебаний на основе жидкостного маятника.

Таким образом, задача исследования и разработки виброустойчивости инклинометрических преобразователей для САУ буровым инструментом является актуальной. Разработана обобщенная математическая модель виброустойчивых жидкостных ИП, охватывающая широкую гамму жидкостных инклинометрических преобразователей на основе жидкостного маятника в виде сообщающихся уровня и присоединенной к нему трубкой, произвольным образом уложенной в плоскости рамки. Математическая модель представляет собой дифференциальные уравнения второго порядка с переменными коэффициентами, описывающие движение рамки и свободной поверхности жидкости, с учетом действия на маятники ИП инерционных сил и моментов, возникающих в результате виброускоренного движения преобразователя.

Показано, что разработанная математическая модель позволяет количественно оценить влияние вибрации на точностные характеристики инклинометрических преобразователей и проводить анализ закономерностей работы ИП - зависимости частоты собственных колебаний от конструктивных параметров, что позволяет использовать модель при синтезе виброустойчивых жидкостных ИП, предназначенных для контроля зенитного угла скважины и угла установки отклонителя в САУ ориентацией бурового инструмента. Разработан новый класс виброустойчивых инклинометрических преобразователей с низкой частотой собственных колебаний маятников на основе трубки с жидкостью установлено, что: а) увеличение длины трубки с жидкостью до 12 м посредством выполнения жидкостного маятника в виде сообщающихся сосудов в условиях жестких ограничений на диаметральные габариты корпуса преобразователя, позволяет снизить частоту собственных колебаний жидкостного маятника до 0,2 Гц, при этом постоянная составляющая дополнительной погрешности от вибрации снижается до 0,5-1,5 град б) виброустойчивость жидкостных ИП в частотном диапазоне вибрации 4-100 Гц и виброускорениях до 10 g повышается на порядок по сравнению с инклинометрических преобразователей на основе физического маятника, подвешенного в опорах с сухим трением, что позволяет удовлетворить специфическим требованиям САУ ориентацией бурового инструмента по виброустойчивости.

Получена уточненная аналитическая зависимость постоянной составляющей дополнительной погрешности от вибрационных перегрузок η и величины λ отношения частоты собственных колебаний маятника ИП к частоте вибрации. Показано, что для повышения точности расчётов на виброустойчивость инклинометрических преобразователей необходимо в формуле определения составляющей дополнительной погрешности инклинометрических преобразователей от вибрации основания учитывать член, представляющий собой произведение четвертых степеней малого параметра и большого параметра. Установлено, что применение полученной уточненной зависимости при проектировании, а также при расчёте известных ИП на виброустойчивость повышает точность инженерных расчётов на десять процентов. Последнее позволяет улучшить на стадии проектирования точностные характеристики известных ИП и сделать их применимыми в САУ ориентацией бурового инструмента с точки зрения виброустойчивости, что повышает точность проводки скважины по заданному профилю, а также повышает точность расчёта на виброустойчивость разработанных поплавковых и жидкостных ИП. Исследован виброустойчивый двухступенной инклинометрических преобразователей с коаксиальными рамками. Установлено, что коаксиальное расположение рамок-маятников ИП, выполненных в виде толстостенных цилиндров поплавков, уравновешенных по плавучести и дифференту в жидкости, заполняющей корпус преобразователя, позволяет существенно увеличить момент инерции рамок-маятников и снизить частоту собственных колебаний зенитного маятника от 4 Гц до 2 – 2,5 Гц без

изменения статического момента и нагрузки на опоры в условиях жестких ограничений на диаметр корпуса преобразователя, обусловленных максимальным диаметром скважины. При этом дополнительная погрешность преобразования зенитного угла от вибрации основания снижается от 6° до $1 - 1,5^\circ$ при виброускорениях $3 \dots 5 g$ в частотном диапазоне вибраций $20 - 100$ Гц что позволяет удовлетворить специфическим требованиям САУ ориентацией бурового инструмента по виброустойчивой. В статье рассмотрен обзор по преобразователям зенитного угла и угла установки отклоните. В результате анализа процесса бурения и условий эксплуатации выявлены основные требования, предъявляемые к ИП со стороны САУ ориентацией бурового инструмента. В настоящее время существующие промышленные ИП не соответствуют требованиям, предъявляемым САУ ориентацией бурового инструмента по виброустойчивой, поскольку обладают значительными дополнительными погрешностями от вибрации основания (более 10°). Для систематизации конструкций и кинематических схем преобразователей зенитного угла, проведена классификация по признакам, оказывающим влияние на виброустойчивость инклинометрических преобразователей зенитного угла. По виду кинематических схем виброустойчивые инклинометрических преобразователей можно разделить на три группы (рис.1).

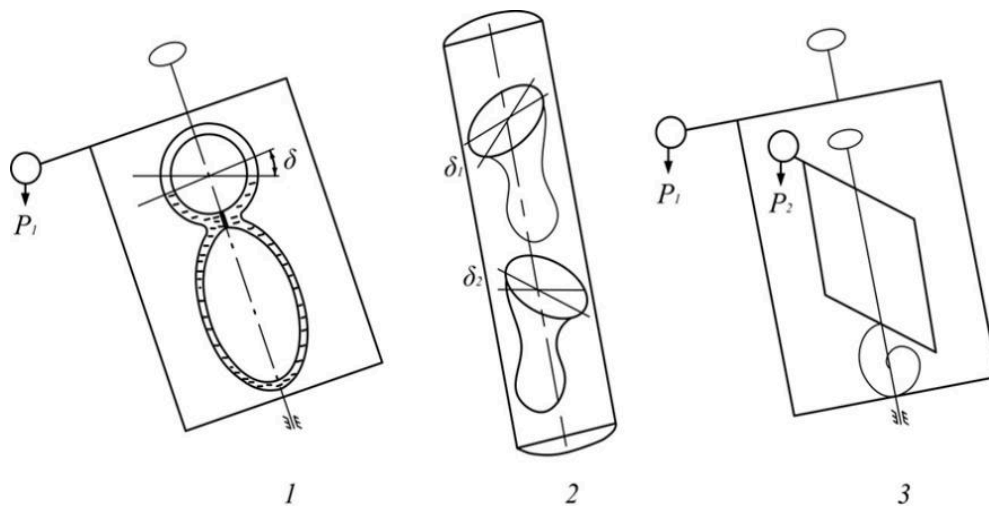


Рис.1. Инклинометрические преобразователи 1, 2, 3.

Анализ кинематических схем ИП показывает, что обязателен чувствительный элемент, реагирующий на гравитационное поле Земли. В настоящее время известны лишь преобразователи гравитационного поля, содержащие подвижные элементы. Поэтому при создании ИП, предназначенных для функционирования в процессе бурения, основное внимание должно уделяться ИП, удовлетворяющих по виброустойчивой. Для обеспечения виброустойчивой инклинометрических преобразователей, необходимо снижать частоту собственных колебаний маятников ИП по сравнению с частотой вибрации. В известных инклинометрических преобразователях зенитного угла на основе физического маятника, в условиях жестких ограничений на диаметр корпуса преобразователя, снижение частоты собственных колебаний зенитного маятника ниже $2 - 4$ Гц не представляется возможным. Более перспективными для использования в САУ буровым инструментом являются инклинометрических преобразователей зенитного угла с коаксиальными рамками-маятниками и ИП на основе жидкостного маятника, частота собственных колебаний которого может быть значительно снижена, посредством увеличения длины трубки, заполненной жидкостью.

Математические модели виброустойчивых инклинометрических преобразователей для разработки обобщенной математической модели ИП, применен аппарат теории матриц и теории сплошных сред. При этом введены ортонормированные реперы: неподвижный репер

R_0 связанный с вектором напряженности магнитного поля Земли (МПЗ) и подвижные реперы, связанные с плоскостью наклона скважины - R_1 ; осью скважины - R_2 ; корпусом инклинометрических преобразователей - R_3 ; рамкой R_4 и уровнем жидкости - R_5 ИП-1 (рис. 1) состоит из рамки, центр тяжести которой смещен относительно оси вращения эксцентричным грузом. В рамке закреплен жидкостный маятник в виде кольцевого уровня с перегородкой и присоединенной к нему трубкой, произвольным образом уложенной в плоскости рамки и симметричной относительно оси вращения рамки. Воспользовавшись динамическими уравнениями Эйлера и уравнениями движения вязкой жидкости, получена обобщенная математическая модель ИП-1 в виде:

$$\begin{cases} \frac{d\vec{G}}{dt} + \vec{\omega} \cdot \vec{G} = \vec{r}_p \cdot m\vec{g} + \vec{r}_p \cdot m\vec{r}_0 + \vec{M}g + \int_S \vec{r}_t \cdot p\vec{n}dS + M_{тр} \\ \frac{d}{dt} \int_{\Omega} d\Omega = D, \frac{d}{dt} \int_{\Omega} \vec{U}d\Omega = \int_{\Omega} \vec{f}d\Omega + \int_{\Omega} \left(-\frac{p}{\rho} \vec{E} + 2\nu \vec{D} \right) \vec{n}dS \end{cases} \quad (1)$$

где $\vec{G}$ – вектор момента количества движения рамки:

$\vec{G} = \vec{J}\vec{\omega}$, $\vec{J}$ – тензор инерции рамки, $\vec{\omega}$ – вектор абсолютной скорости рамки; $\vec{r}_p \cdot m\vec{g}$ – вектор момента сил веса, $\vec{r}_p$ – радиус-вектор координат центра тяжести груза, m – масса груза, $\vec{g}$ – вектор ускорения силы тяжести; $\vec{r}_p \cdot m\vec{r}_0$ – вектор момента от сил инерции, $\vec{r}_0$ – радиус-вектор полюса 0 репера R_2 $\vec{r}_0 = \vec{r}_0(X_2(t), Y_2(t), Z_2(t))$, $\dot{\vec{r}}_0 = \vec{r}_0(\dot{V}_1, \dot{V}_2, \dot{V}_3)$;

$M_{тр}$ – вектор момента сил трения, $\vec{M}g$ – вектор демпфирующего момента, $\int_S \vec{r}_t p \vec{n} dS$ – вектор момента от сил давления жидкости на стенку, $\vec{r}_t$ – радиус-вектор координат уровня жидкости, p – давление, $\vec{n}$ – внешняя нормаль к твердой стенке, S – твердая стенка; $\vec{U}$ – вектор скорости частицы жидкости, Ω – объем жидкости; $d\Omega$ – граница жидкости; $\vec{E}$ – единичный тензор; $\vec{D}$ – тензор скоростей деформации, ρ – плотность жидкости; ν – кинематический коэффициент вязкости:

$$\vec{f} = \vec{g} - \vec{r}_0 - \frac{d\vec{\omega}}{dt} \cdot \vec{r}_t - \vec{\omega}(\vec{\omega} \cdot \vec{r}_t) + (\vec{\omega}_p)^2 \vec{r}_t - 2\vec{\omega} \cdot \vec{U}$$

Считаем, что основное движение жидкости одномерно вдоль трубки и что давление в каждом сечении, перпендикулярном направлению трубки, постоянно.

Проектируя (1) на координатные оси репера R_4 получена обобщенная математическая модель ИП-1:

$$\begin{cases} j_{z4}\ddot{\beta} + K_g\dot{\beta} + ma(g \sin\theta + \dot{V}_2) \sin(\varphi - \beta) = maV_2 \cos(\varphi - \beta) + M_{тр} \text{sign}\dot{\beta} \\ \ddot{\delta} + c\nu\dot{\delta} + \frac{2g}{l} [\cos(\varphi - \beta) \sin\theta \cos\delta - \cos\theta \sin\delta] = \\ = -\frac{2}{l} [\dot{V}_1 \cos(\varphi - \beta) \cos\delta + \dot{V}_2 \sin(\varphi - \beta) \cos\delta - V_3 \sin\delta] \end{cases} \quad (2)$$

Где: β, δ – соответственно углы поворота рамки и уровня жидкости, α – проекция радиуса вектора $\vec{r}_p$ на ось OX_4 , θ – зенитный угол, φ – угол установки отклонителя, константа, характеризующая геометрию трубки, K_g – коэффициент демпфирования, l – длина трубки заполненной жидкостью.

Получены линеаризованные уравнения малых колебаний инклинометрических преобразователей, относительно положения статического равновесия $\beta = \varphi, \delta = \theta$:

$$\begin{cases} j_{z4}\ddot{\beta}^* + K_g\dot{\beta}^* + ma(g \sin\theta + \dot{V}_1) \beta^* = -ma\dot{V}_2 + M_{тр} \text{sign}\dot{\beta} \\ \ddot{\delta}^* + c\nu\dot{\delta}^* + \frac{2g}{l} \delta^* = -\frac{2}{l} [(\dot{V}_1 \cos\theta + V_3 \sin\theta) + (\dot{V}_1 \sin\theta - V_3 \cos\theta) \delta^* + \dot{V}_2 \beta^*] \end{cases} \quad (3)$$

Где: β^*, δ^* – малые отклонения рамки и уровня жидкости от положения статического равновесия.

Выражения номинальных статических характеристик преобразования инклинометрических преобразователей для зенитных углов $\theta \neq 0$ получим из (2)

Пологая $\dot{V}_2=0, \ddot{\beta} = \dot{\beta} = 0, \ddot{\delta} = \dot{\delta} = 0; \beta = \varphi, \delta = \theta;$

То есть углы поворота рамки и жидкости соответственно пропорциональны углу установки отклонителя и зенитному углу скважины.

Получена обобщенная математическая модель инклинометрических преобразователей (рис.1), кинематическая схема которой представляет два одно степенных жидкостных маятника, оси вращения которых взаимно-перпендикулярны и ортогональны оси скважины:

$$\begin{cases} \ddot{\delta}_1 + v_1 c_1 \dot{\delta}_1 + \frac{2g}{l_1} (-\sin \theta \cos \varphi \cos \delta_1 + \cos \theta \sin \delta_1) = \\ = \frac{2}{l_1} (\dot{V}_1 \cos \varphi \cos \delta_1 + \dot{V}_2 \sin \varphi \cos \delta_1 + \dot{V}_3 \sin \delta_1) \\ \ddot{\delta}_2 + v_2 c_2 \dot{\delta}_2 + \frac{2g}{l_2} (\sin \theta \sin \varphi \cos \delta_2 - \cos \theta \sin \delta_2) = \\ = \frac{2}{l_2} (-\dot{V}_1 \sin \varphi \cos \delta_2 + \dot{V}_2 \cos \delta_2 - \dot{V}_3 \sin \delta_2) \end{cases} \quad (4)$$

Откуда получены выражения номинальных статических характеристик ИП-2:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= \frac{\operatorname{tg} \delta_2}{\operatorname{tg} \delta_1}, \\ \operatorname{tg} \theta &= \sqrt{\operatorname{tg}^2 \delta_1 + \operatorname{tg}^2 \delta_2} \end{aligned}$$

Получена обобщенная математическая модель ИП-3 (рис.1) кинематическая схема которой представляет две коаксиальные рамки-маятники, повернутые друг относительно друга на 90° и соединенные упругой связью:

$$\begin{cases} \dot{J}_{z4} \ddot{\beta}_1 + \dot{J}_{z5} \ddot{\beta}_2 + K_{\beta_1} \dot{\beta}_1 - K_y (\beta_2 - \beta_1) + \\ + m_1 \sin(\varphi - \beta) (g \sin \theta + \dot{V}_1) = m_1 \dot{V}_1 \cos(\varphi - \beta_1) \pm M_{\text{тр}} \\ \dot{J}_{z5} \ddot{\beta}_2 + K_{\beta_2} \dot{\beta}_2 - K_y (\beta_2 - \beta_1) + \\ + m_2 \cos(\varphi - \beta_2) (g \sin \theta + \dot{V}_1) = m_2 \dot{V}_2 \sin(\varphi - \beta_2) \pm M_{\text{тр}} \end{cases} \quad (5)$$

Где: J_{z4}, J_{z5} - соответственно моменты инерции наружной и внутренней рамок, K_y - коэффициент упругой связи, β_2, β_1 - соответственно углы поворота наружной и внутренней рамок, m_1, m_2 - соответственно статические моменты наружной и внутренней рамок.

Получены линеаризованные уравнения малых колебаний ИП-3:

$$\begin{cases} \dot{J}_{z4} \ddot{\beta}_1^* + \dot{J}_{z5} \ddot{\beta}_2^* + K_{\beta_1} \dot{\beta}_1^* - K_y (\beta_2^* - \beta_1^*) + m_1 g \sin \theta \cdot \beta_1^* = 0 \\ \dot{J}_{z5} \ddot{\beta}_2^* + K_{\beta_2} \dot{\beta}_2^* - K_y (\beta_2^* - \beta_1^*) + m_2 g \sin \theta = 0 \end{cases} \quad (6)$$

Получены выражения номинальных статических характеристик:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{m_1 \sin \beta_1 - m_2 \cos \beta_2}{m_1 \cos \beta_1 + m_2 \sin \beta_2} \quad \sin \theta = \frac{K_y (\beta_2 - \beta_1)}{m_1 m_2 \cos(\beta_2 - \beta_1)} \quad (7)$$

Исследованы дополнительные погрешности виброустойчивых одно и двухстепенных инклинометрических преобразователей от вибрации основания, рассмотрены пути их снижения. Исследование виброустойчивой инклинометрических преобразователей заключалось в решении уравнений (3,7) и последующем анализе выражений дополнительной погрешности от вибрации основания инклинометрических преобразователей. Для решения уравнений использован метод малого параметра. Решение первого уравнения системы (3) в

пятом приближении позволяет определить постоянную составляющую дополнительной погрешности от вибрации основания и периодическую составляющую одно степенного инклинометрических преобразователей.

Здесь приведена лишь постоянная составляющая дополнительной погрешности от вибрации основания преобразования угла установки отклонителя и зенитного угла одно степенных инклинометрических преобразователей:

$$\beta = -\frac{n_1 n_2 \lambda_1^2 (1 - \lambda_1^2)}{2 \sin^2 \theta [(1 - \lambda_1^2)^2 + 4 \xi_1^2 \lambda_1^2]} + \frac{n_1^3 n_2 \lambda_2^4 (1 - \lambda_1^2)}{4 \sin^4 \theta [(1 - \lambda_1^2)^2 + 4 \xi_2^2 \lambda_1^2]^2}; \quad (8)$$

$$\delta = -\frac{n_1 n_2 \lambda_1^2 (1 - \lambda_2^2) \sin 2\theta}{4 [(1 - \lambda_2^2)^2 + 4 \xi_2^2 \lambda_2^2]} + \frac{n_2^3 n_3 \lambda_2^4 (1 - \lambda_2^2) \cos^2 \theta \sin \theta}{4 [(1 - \lambda_3^2)^2 + 4 \xi_2^2 \lambda_2^2]^2} \quad (9)$$

Где: n_1, n_2, n_3 - вибрационные перегрузки; λ_1, λ_2 - соответственно отношение частоты собственных колебаний маятников угла установки отклонителя и зенитного угла к частоте вибрации, ξ_1, ξ_2 - степени демпфирования. В выражениях (8), (9) удержаны первые два члена постоянной составляющей дополнительной погрешности от вибрации, вносящие наибольший вклад в значение погрешности. Полученные формулы являются приближенным решением (3), для определения применимости их при определении дополнительной погрешности от вибрации основания была проведена оценка погрешности приближения, посредством прямого сравнения решения системы уравнения (3) численным методом Рунге-Кутты на программе Matlab с полученными (8) и (9). Расхождение решений при этом по углу отклонения маятников инклинометрических преобразователей от положения статического равновесия не превышает 1-5%. Получена постоянная составляющая дополнительной погрешности преобразования зенитного угла ИП-1:

$$\delta = \frac{n_1 n_2 \lambda_1 (1 - \lambda_2^2) \operatorname{ctg} \theta}{2 \sin^2 \theta [(1 - \lambda_1^2)^2 + 4 \xi_2^2 \lambda_1^2]} - \frac{n_1^* n_2^* (1 - \lambda_2^2)}{2 [(1 - \lambda_2^2)^2 + 4 \xi_2^2 \lambda_2^2]} + \frac{n_1^2 n_2^2 \lambda_1^2 (1 - \lambda_1^2) \operatorname{ctg} \theta}{4 \sin^2 \theta [(1 - \lambda_2^2)^2 + 4 \xi_2^2 \lambda_1^2]} \dots \dots (10)$$

Из анализа выражений (8), (9), (10) следует, что снижение постоянной составляющей дополнительной погрешности от вибрации основания достигается понижением степени демпфирования и величины λ - отношения частоты собственных колебаний маятника к частоте вибрации. Получены постоянные составляющие дополнительной погрешности преобразования углов от вибрации основания для двухстепенных инклинометрических преобразователей:

$$\beta = \frac{n_1 n_2}{[(1 - \lambda_1^2) + 4 \xi_2^2 \lambda_1^2]} - \frac{\lambda_1^2 (1 - \lambda_1^2)}{2 \sin^2 \theta} + \frac{\lambda_2^2 (1 - \lambda_1^2)}{2} \sin \theta \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 + \lambda_2 (1 - \lambda_1) \frac{J_2}{J_1} +$$

$$+ \frac{n_2 n_3^* \lambda_2 (1 - \lambda_2^2) \cos \theta}{[(4 - \lambda_1^2)^2 + 16 \xi_1^2 \lambda_1^2]} \cdot \frac{J_2}{J_1} \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^2 \quad (11)$$

$$\delta = \frac{n_2 \lambda_1^2 (1 - \lambda_2^2) \operatorname{ctg} \theta}{2 [(4 - \lambda_1^2)^2 + 16 \xi_1^2 \lambda_1^2]} + \frac{J_2}{J_1} \cdot \frac{n_2 (1 - \lambda_1^2) \sin 2\theta}{4 [(1 - \lambda_1^2)^2 + 16 \xi_1^2 \lambda_1^2]} + \frac{\lambda_2^2 n_1^* n_3^*}{2 [(4 - \lambda_1^2)^2 + 4 \xi_2^2 \lambda_2^2]} \quad (12)$$

Расхождения полученных решений (11), (12) с решениями, полученными на программе Matlab, по углу отклонения маятников инклинометрических преобразователей от положения статического равновесия не превышает 1-8%. Из анализа выражений (11), (12) следует, что дополнительная погрешность от вибрации двухстепенного инклинометрических

преобразователей зависит от соотношения моментов инерции и частот колебаний внутренней и наружной рамок и уменьшается при снижении момента инерции и частоты собственных колебаний внутренней рамки по сравнению с наружной. Совместный анализ колебаний одноступенного и двухступенного инклинометрических преобразователей показывает, что наличие внутренней карданной рамки не влияет на характер ошибки, но при этом увеличивается величина постоянного отклонения наружной и внутренней рамок. При этом погрешность двухступенного инклинометрических преобразователей, как и одноступенного, можно снизить, уменьшая величину собственных колебаний рамок.

Разработаны приемы повышения виброустойчивости инклинометрических преобразователей. Результаты теоретических исследований показывают, что для повышения виброустойчивости инклинометрических преобразователей на основе физического маятника могут быть использованы следующие приемы: оптимизация формы маятников инклинометрических преобразователей и увеличение момента инерции маятника посредством выполнения его в виде вытянутого толстостенного цилиндра-поплавка. Результатом аналитического исследования дополнительных погрешностей от вибрации, разработанных на его основе алгоритмов и программ, чувствительных элементов инклинометрических преобразователей повышенной виброустойчивости, явилась методика проектирования виброустойчивых инклинометрических преобразователей. Оно позволяет на стадии эскизного проектирования, используя средства вычислительной техники, оптимизировать структуру инклинометрических преобразователей в рамках традиционно сложившихся конструктивных решений, либо применить оригинальные конструкции виброустойчивых инклинометрических преобразователей, предназначенных для непрерывного контроля зенитного угла и угла установки отклонителя в САУ буровым инструментом [7-12].

Заключение. Таким образом, обобщенная математическая модель виброустойчивых жидкостных инклинометрических преобразователей с учетом вязкости жидкости и действия инерционных сил и моментов, возникающих в результате виброускоренного движения преобразователя и позволяющая проводить анализ закономерностей работы ИП зависимости виброустойчивой инклинометрических преобразователей от конструктивных параметров. Исследован виброустойчивый ИП с коаксиальными рамками. Установлено, что коаксиальное расположение рамок позволяет в ограниченных по диаметру габаритах корпуса преобразователя, посредством выполнения рамок-маятников ИП в виде толстостенных вытянутых цилиндров-поплавков, существенно увеличить момента инерции рамок-маятников и снизить частоту собственных колебаний зенитного маятника до 1 – 1,5 Гц. При этом дополнительная погрешность преобразования зенитного угла от вибрации основания снижается до $0,5 - 1^0$ при виброускорениях до $3 \dots 5 g$ в частотном диапазоне вибрации 20 – 100 Гц.

Литература

1. Доросинский, А.Ю. Алгоритмы и методики определения погрешности средств, имитирующих электрические сигналы синусно-косинусных вращающихся трансформаторов / Доросинский А.Ю.// XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего: науч. период, изд. - Пенза. - Изд-во Пенз. гос. технол. акад., 2012. - № 6. - С. 42-46.
2. В.А. Бейнарович Основы автоматики и системы автоматического управления. Учебник 2022 г. Томск. 364 с.
3. Датчики: Справочное пособие / В.М. Шарапов, Е.С. Полищук, Н.Д. Кошевой, Г.Г.Ишанин, И.Г. Минаев, А.С. Совлуков. - Москва: Техносфера, 2012. - 624 с.
4. Пат. №1131429 SU. Синусный косинусный вращающийся трансформатор / Алексеев В.В., Асиновский Э.Н. - Оpubл. В Б.И., 2005, № 5
5. А.с. 1150353 SU. МКИ 4 Е 21 В 47/02. Преобразователь зенитных и визирных углов/ Г.В. Миловзоров. Оpubл. 15.04.1985, БИ №14.

6. Миловзоров Г.В. Анализ инструментальных погрешностей инклинометрических устройств. – Уфа, изд. “Гилем”, 1997. – 184.
7. Сафронов В.А. Теория и практика применения датчиков угла на основе синусно-косинусных вращающихся трансформаторов. Журнал «Компоненты и технологии», Москва, 2014, №4. – С.58-62.
8. Никульшин, И. В. Автоматическое управление зенитным углом искривления ствола скважины. Дисс. 2010 г. Астрахань.
9. Есауленко В.Н., Есауленко Н.В., Дегтярева А.М. Струйный датчик зенитного угла искривления скважины. НТЖ строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. ВНИИОЭНГ. №5, 2006.
10. Есауленко В.Н., Никульшин И.В. Погуляева А.М., Математическая модель аэродинамического датчика зенитного угла искривления ствола скважины. Известия высших учебных заведений. Технические науки. №1, 2009г. 110-113
11. Amirov, S., Ataullayev, A., E3S Web of Conferences, 525, 03010 (2024)
12. Amirov, S.F.Ataullayev, N.O.Ataullayev, A.O.Muxammadov, B.Q. Majidov, A.U., E3S Web of Conferences, 414, 03011 (2023)

UO‘K 537.521

TOJLANISH JARAYONINING YUQORI KUCHLANISHLI HAVO LINIYALARIDAGI QUVVAT YO‘QOTISHLARIGA TA’SIRINI BAHOLASH

Tovboyev A.N., Tog‘ayev I.B.

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti.

Annotatsiya. Ushbu maqolada yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida kuzatiladigan tojlanish jarayoni elektr maydonining keskin kuchayishi natijasida o‘tkazgich atrofida havoning ionlanishi bilan tavsiflanadi. Ushbu jarayon havo liniyalarida aktiv va reaktiv quvvatning qo‘shimcha isroflarini keltirib chiqaradigan asosiy omillardan biri bo‘lib, uning rivojlanish darajasi fazalar oralig‘i, o‘tkazgich diametri, atmosfera bosimi, namlik, harorat va atrof-muhitning ifloslanish darajasiga sezilarli darajada bog‘liq. Mazkur tadqiqotda tojlanish jarayonining boshlanish kuchlanishi, ionlashgan muhitda hosil bo‘ladigan o‘tkazuvchanlik, elektr maydon intensivligi va o‘tkazgich yuzasidagi zaryad taqsimoti bilan bog‘liq fizik-parametrik model ishlab chiqildi hamda havo liniyalarida quvvat yo‘qotishlari bilan o‘zaro bog‘liqligi aniqlashtirildi. Tahlil amaliy meteorologik ma‘lumotlar bilan boyitilib, turli ob-havo sharoitlari (quruq havo, tuman, yomg‘ir, changli muhit) uchun tojlanish sababli yuzaga keladigan quvvat isroflarining miqdoriy bahosi berildi.

Kalit so‘zlar: uzatish liniyalari, elektr maydon kuchlanishi, tojlanish yo‘qotishlari, aktiv va reaktiv quvvat isroflari, o‘tkazgich atrofida ionlanish, atmosfera omillari ta’siri, havo izolyatsiyasi, elektr maydon taqsimoti, boshlanish kuchlanishi, elektr energiyasi sifat ko‘rsatkichlari, meteorologik sharoitlar

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CORONA DISCHARGE ON POWER LOSSES IN HIGH-VOLTAGE OVERHEAD TRANSMISSION LINES

Tovboev A.N., Togaev I.B.

Navoi state mining and technology university.

Annotation. In this article, the corona discharge phenomenon observed in high-voltage overhead transmission lines is characterized by the ionization of air surrounding the conductor as a result of a sharp increase in electric field intensity. This process is one of the primary factors causing additional active and reactive power losses in overhead lines, and its severity strongly depends on phase spacing, conductor diameter, atmospheric pressure, humidity, temperature, and environmental pollution levels. In this study, a physico-parametric model was developed to describe the corona onset voltage, the conductivity formed in the ionized medium, the electric field intensity, and the surface charge distribution on the conductor, and its interrelation with power losses along the transmission line was determined. The analysis was supplemented with practical meteorological data, providing quantitative estimations of corona-induced power losses under various weather conditions, including dry air, fog, rain, and dust-laden environments.

Key words: transmission lines, electric field intensity, corona losses, active and reactive power dissipation, air ionization around the conductor, influence of atmospheric factors, air insulation, electric field distribution, corona onset voltage, electric power quality indicators, meteorological conditions

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM,
FAN VA INNOVASIYALAR VAZIRLIGI
BUXORO DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

Buxoro davlat texnika universiteti nashri
“FAN VA TEKNOLOGIYALAR TARAQQIYO‘TI”

Ilmiy-texnikaviy jurnal

2026 yil, 1-son. ISSN 1281-8193

Jurnal tahririyat kompyuterida sahifalandi.

Manzil: 200117, Buxoro sh., Q.Murtazoev ko‘chasi 15.

Tel: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

<http://journal.bstu.uz>

БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Издатель: Бухарский государственный технический университет

«РАЗВИТИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Научно-технический журнал

Выпуск 1, 2026. ISSN 1281-8193

Отредактирована на компьютере редакции.

Адрес: 200117, г. Бухара, ул. К. Муртазаева, 15.

Тел.: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

<http://journal.bstu.uz>

BUKHARA STATE TECHNICAL UNIVERSITY

Publisher: Bukhara State Technical University

DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Scientific and Technical Journal

Issue 1, 2026. ISSN 1281-8193

Yedited on the yeditorial computer.

Address: 200117, Bukhara, K. Murtazaev Street, 15

Tel.: (8-365) 223-92-40, E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

<http://journal.bstu.uz>