ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 3

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 3

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКИМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМ ДЛЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ТРАЕКТОРИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ И НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН

Амиров С.Ф.
DsC, профессор кафедры "Электроснабжение" Ташкентский государственный транспортный университет;
E-mail: Sulton.amirov@bk.ru;
Атауллаев А.О.
PhD, доцент кафедры "Электроэнергетики" Навоийский государственный горно-технологический университет;
E-mail: amin8181@list.ru;
Мухаммадов Б.К.
Ассистент кафедры "Электроэнергетики" Навоийский государственный горно-технологический университет.
E-mail: muxammadovbobur1995@gmail.com.

Annotatsiya. Maqolada quduqlarni vertikal va qiya yo‘nalishda burg‘ilash jarayonida qo‘llaniladigan inklinometrik o‘zgartirgichlarga qo‘yiladigan metrologik talablar ko‘rib chiqilgan. Quduq stvolining fazoviy holatini aniqlash aniqligini oshirish zamonaviy burg‘ilash ishlab chiqarishining muhim vazifalaridan biri hisoblanadi, chunki inklinometrik o‘lchovlarning ishonchliligiga burg‘ilash ishlarining xavfsizligi, iqtisodiy samaradorligi va texnologik natijadorligi bevosita bog‘liq. Zenit va azimut burchaklarini, shuningdek, asbobning fazoviy orientatsiyasini o‘lchash aniqligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar yuqori harorat, bosim, tebranish va zarba yuklamalari sharoitida tahlil qilingan. O‘lchash xatoligi, o‘lchanadigan burchaklar diapazoni, ajratuvchanlik darajasi, natijalarning takrorlanuvchanligi, haroratga barqarorlik hamda uzoq muddatli ishonchlilik kabi talablarga alohida e’tibor qaratilgan. Vertikal va qiya yo‘nalishda burg‘ilash tizimlarining metrologik ta’minoti xususiyatlari, jumladan, kalibrlash, tekshirish hamda sistematik va tasodifiy xatoliklarni kompensatsiya qilish masalalari ko‘rib chiqilgan. Murakkab geologik-texnik sharoitlarda o‘lchash aniqligi va barqarorligini oshirish uchun ko‘p o‘qli sezgir elementlardan foydalanish, signalni raqamli qayta ishlash va filtratsiya algoritmlarini qo‘llash zarurligi asoslab berilgan. Metrologik talablarni shakllantirishda burg‘ilash trayektoriyasining o‘ziga xosligi, quduq stvolining ruxsat etilgan og‘ishlari hamda inklinometrik o‘zgartirgichlarni burg‘ilash jarayonini avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlariga integratsiya qilish talablari hisobga olinishi lozimligi ko‘rsatib o‘tilgan. O‘zgartirgichlarning metrologik ko‘rsatkichlarini yaxshilash

ISSN 3030-3907

zamonaviy quduq qurish texnologiyalarini rivojlantirishning muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, xavflarni kamaytirish, trayektoriyani optimallashtirish hamda geologik-qidiruv va ekspluatatsiya ishlarining sifatini oshirishni ta’minlaydi.

Kalit so‘zlar: Metrologik talablar, inklinometrik o‘zgartirgich, vertikal burg‘ilash, qiya yo‘naltirilgan burg‘ilash, zenit burchagini o‘lchash, azimut burchagini o‘lchash, o‘lchash xatoligi, asosiy va qo‘shimcha xatolik, kalibrlash, metrologik attestatsiya, sezgirlik, ajratuvchanlik qobiliyati, xarakteristikalarning barqarorligi, harorat xatoligi, tebranishga chidamlilik, nol siljishi (drift), magnitometrik datchiklar, giroskopik datchiklar, akselerometrik tizimlar, birlamchi o‘zgartirgich, ikkilamchi o‘zgartirgich, signalni qayta ishlash tizimi, o‘lchash aniqligi, ishonchlilik, o‘lchash vositalarini tekshirish.

Аннотация. В статье рассматриваются метрологические требования к инклинометрическим преобразователям, применяемым при вертикальном и наклонно-направленном бурении скважин. Повышение точности определения пространственного положения ствола скважины является одной из ключевых задач современного бурового производства, поскольку от достоверности инклинометрических измерений зависят безопасность, экономическая эффективность и технологическая результативность буровых работ. Проанализированы основные факторы, влияющие на точность измерения зенитного и азимутального углов, а также пространственной ориентации инструмента в условиях высоких температур, давлений, вибраций и ударных нагрузок. Особое внимание уделено требованиям к погрешности измерений, диапазону измеряемых углов, разрешающей способности, повторяемости результатов, температурной стабильности и долговременной надежности инклинометрических преобразователей. Рассмотрены особенности метрологического обеспечения систем вертикального и наклонно-направленного бурения, включая вопросы калибровки, поверки и компенсации систематических и случайных погрешностей. Обоснована необходимость применения много осевых чувствительных элементов, цифровой обработки сигналов и алгоритмов фильтрации для повышения точности и устойчивости измерений в сложных геолого-технических условиях. Показано, что формирование метрологических требований должно учитывать специфику траектории бурения, требования к допустимым отклонениям ствола скважины и интеграцию инклинометрических преобразователей в автоматизированные системы управления процессом бурения. Повышение метрологических характеристик преобразователей является важным направлением развития

ISSN 3030-3907

современных технологий строительства скважин и обеспечивает снижение рисков, оптимизацию траектории и повышение качества геологоразведочных и эксплуатационных работ.

Ключевые слова: Метрологические требования, инклинометрический преобразователь, вертикальное бурение, наклонно-направленное бурение, измерение зенитного угла, азимутальное измерение, погрешность измерений, основная и дополнительная погрешность, калибровка, метрологическая аттестация, чувствительность, разрешающая способность, стабильность характеристик, температурная погрешность, вибрационная устойчивость, дрейф нуля, магнитометрические датчики, гироскопические датчики, акселерометрические системы, первичный преобразователь, вторичный преобразователь, система обработки сигналов, точность измерений, надежность, поверка средств измерений.

Abstract. The article examines the metrological requirements for inclinometric transducers used in vertical and directional (inclined) well drilling. Improving the accuracy of determining the spatial position of the wellbore is one of the key tasks of modern drilling operations, since the safety, economic efficiency, and technological effectiveness of drilling activities depend on the reliability of inclinometric measurements. The main factors affecting the accuracy of measuring zenith and azimuth angles, as well as the spatial orientation of the instrument under conditions of high temperature, pressure, vibration, and shock loads, are analyzed. Special attention is paid to requirements such as measurement error, range of measured angles, resolution, repeatability of results, temperature stability, and long-term reliability of inclinometric transducers. The features of metrological support for vertical and directional drilling systems are considered, including issues of calibration, verification, and compensation of systematic and random errors. The necessity of using multi-axis sensitive elements, digital signal processing, and filtering algorithms to improve measurement accuracy and stability under complex geological and technical conditions is substantiated. It is shown that the formation of metrological requirements should take into account the specifics of the drilling trajectory, the permissible deviations of the wellbore, and the integration of inclinometric transducers into automated drilling control systems. Improving the metrological characteristics of transducers is an important direction in the development of modern well construction technologies and ensures risk reduction, trajectory optimization, and improved quality of geological exploration and production operations.

Keywords: Metrological requirements, inclinometric transducer, vertical drilling, directional (inclined) drilling, zenith angle measurement, azimuth measurement,

ISSN 3030-3907

measurement error, primary and additional error, calibration, metrological certification, sensitivity, resolution, stability of characteristics, temperature error, vibration resistance, zero drift, magnetometric sensors, gyroscopic sensors, accelerometric systems, primary transducer, secondary transducer, signal processing system, measurement accuracy, reliability, verification of measuring instruments.

ВВЕДЕНИЕ.

Метрологические требования к инклинометрическим преобразователям (инклинометрам) в бурении фокусируются на точности измерений зенитного угла, азимута, устойчивости к вибрациям, температурным факторам и калибровке. Эти устройства используются в системах управления траекторией скважин (MWD/LWD), где ошибки могут привести к отклонениям от проектной траектории, увеличению затрат и рискам аварий. В последние годы исследования подчеркивают необходимость учета динамических факторов, таких как геомагнитные помехи, температура и накопление ошибок, с акцентом на гироскопические и MEMS-системы для повышения надежности.

В условиях интенсификации процессов разведочного и эксплуатационного бурения нефтяных и газовых скважин особую актуальность приобретают вопросы обеспечения высокой точности и надёжности измерений пространственного положения ствола скважины. Вертикальное и наклонно-направленное бурение предъявляют повышенные требования к метрологическим характеристикам инклинометрических преобразователей, используемых в составе автоматизированных систем контроля и управления процессом бурения. Ошибки измерения зенитного и азимутального углов могут приводить к существенным отклонениям траектории скважины от проектной, снижению эффективности бурения, росту материальных затрат и увеличению аварийных рисков.

В данной статье рассматриваются основные метрологические требования, предъявляемые к инклинометрическим преобразователям, применяемым при вертикальном и наклонно-направленном бурении. Проведён анализ влияния условий эксплуатации-высоких температур, вибраций, ударных нагрузок, магнитных и электрических помех на точные характеристики измерительных каналов. Особое внимание уделяется погрешностям преобразования первичных параметров (углов наклона и ориентации) в электрические сигналы, а также вопросам их компенсации и минимизации. В работе систематизированы основные виды метрологических погрешностей инклинометрических преобразователей, включая

ISSN 3030-3907

систематические, случайные и динамические ошибки. Рассмотрены источники нелинейности, температурного дрейфа нуля, перекрёстной чувствительности измерительных осей и нестабильности чувствительности. Показано, что при наклонно-направленном бурении требования к точности измерения зенитного угла существенно возрастают по сравнению с вертикальным бурением, что обусловлено необходимостью строгого соблюдения проектной траектории скважины. Требованиям к разрешающей способности, повторяемости показаний и долговременной стабильности инклинометрических преобразователей. Обоснована необходимость применения методов калибровки, самоконтроля и программной коррекции погрешностей в реальном времени. Рассматриваются современные подходы к метрологическому обеспечению инклинометрических систем, включая использование цифровой обработки сигналов, алгоритмов фильтрации и компенсации возмущающих факторов.

МЕТОДОЛОГИЯ И АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ: Рассмотрены метрологические анализы. Показано, что повышение метрологического уровня инклинометрических преобразователей вляется ключевым фактором повышения эффективности и безопасности буровых работ. Полученные результаты могут быть использованы при разработке и модернизации инклинометрических систем, а также при формировании нормативно-технических требований к средствам измерений, применяемым в бурении скважин различного назначения.

Инклинометры предназначены для измерения углов пространственной ориентации ствола скважины при геофизических исследованиях, а также при проводке скважины по заданной траектории в составе систем управления бурением. В связи о увеличением глубин проводок (свыше 2000м), необходимости уплотнения сетки существующих скважин при кустовом методе бурения, необходимости восстановления “старого” фонда скважин, бурением, наклонно-направленных и горизонталных скважин в пласты толщиной 2.5-5м, а также бурением скважин малого диаметра возростают требования к метрологическим характеристикам инклинометрическим преобразователям (ИП).

Показатели инклинометров улучшают путем применения более надежных, виброустойчивых, высокоточных датчиков, подбора материалов изготовления датчиков, выбора их оптимальных режимов и диапазонов работы, разработки кинематических схем первичных преобразователей инклинометрическим преобразователям, тщательного исследования факторов, обуславливающих инструментальные погрешности

ISSN 3030-3907

инклинометрических преобразователей, уменьшения их влияния, отработки технологии изготовления элементов и узлов инклинометрических преобразователей, разработки высокостабильных схем вторичного преобразования и помехоустойчивой передачи информации, разработки методического и программно алгоритмического обеспечения для этапов создания инклинометрических преобразователей и проведения скважинных измерений [1].

Одним из важнейших этапов создания и метрологической аттестации инклинометрических преобразователей является исследование статических характеристик, проводимое на установках пространственной ориентации. С целью повышения точных показателей инклинометрических преобразователей данные статические характеристики записывают в память скважинного прибора и используют при определении искомых углов Эйлера. В качестве установок пространственной ориентации применяется ряд поворотных столов и установок, задающих требуемую ориентацию инклинометрических преобразователей относительно базовой системы координат. Устройство преобразования и обработки (УПО) различаются по условиям эксплуатации, по числу задаваемых углов, типу кинематической схемы, по конструктивному исполнению и т.д. Погрешности задания углов Эйлера устройство преобразования и обработки значительны и составляют от 4 угл. мин. до 30 угл. мин. В связи с ростом требований к точным показателям инклинометрическим преобразователям (погрешность измерения азимута до 1 град. и погрешности зенитного и визирного углов до 15-20 угл.мин.) точные показатели устройство преобразования и обработки становятся в некоторых случаях соизмеримы с точными показателями разрабатываемых инклинометрических преобразователей. При исследовании на устройство преобразования и обработки высокоточных инклинометрических преобразователей статические характеристика инклинометрических преобразователей искажаются и погрешности инклинометрических преобразователей возрастают.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ: Основными факторами, определяющими погрешности ориентации инклинометрических преобразователей на устройство преобразования и обработки, являются эксцентриситет осей вращения устройство преобразования и обработки, осевые смещения и угловые отклонения осей вращения, эксцентриситет шкал, погрешность исходной ориентации, неуравновешенное крепление инклинометра относительно осей вращения устройство преобразования и обработки.

ISSN 3030-3907

Таким образом, с целью определения пути повышения точных показателей инклинометрических преобразователей нужно провести анализ данных факторов, определить параметры, позволяющие их учитывать и оценить их влияние на точные показатели инклинометрических преобразователей. Для этого необходимо провести обзор известных технических решений и анализ требований, предъявляемых к инклинометрическим преобразователям, анализ точных показателей существующих инклинометрических преобразователей и выявить инклинометрических преобразователей, наиболее удовлетворяющие предъявляемым требованиям со стороны системы управления бурением. Далее необходимо провести критический анализ параметров и кинематических схем существующих установок пространственной ориентации, выявить наиболее перспективную устройство преобразования и обработки. На основе сравнительного анализа выделенных факторов, требований, предъявляемых к инклинометрических преобразователей, и параметров существующих устройство преобразования и обработки, необходимо сформулировать задачи исследований, решение которых позволяет повысить точность инклинометрических преобразователей.

Инклинометрические приборы и системы предназначены для измерения и контроля угловых параметров ориентации объектов относительно базовой системы координат, связанной с Землей. При геофизических исследованиях инклинометрические устройства используются для измерения параметров ориентации ствола бурящийся скважины, ее части или полной траектории при управлении проводкой скважины по задания траектории, а также контроля параметров ориентации скважинного снаряда в составе системы управления процессом бурения.

Технология геофизических измерений включает такие этапы как разовые замеры, проведение инклинометрических измерений в процессе бурения и окончательный каротаж [8]. Разовые замеры и окончательный каротаж производится геофизическими бригадами и, кроме измерения инклинометрических параметров, включают в себя контроль целого комплекса геофизических параметров. Инклинометрические измерения в процессе бурения проводятся силами буровой бригады и подразумевают работу инклинометрического снаряда в составе автоматизированной системы управления процессом бурения. Полученная и обработанная информация используется для контроля и управления проводкой скважины по заданной траектории. Структура автоматизированной системы

ISSN 3030-3907

управления технологическим процессом бурения (АСУТП - бурения) представлена на рис. 1

Контроль параметров ориентации скважины в процессе бурения осуществляется системой оперативного контроля, так называемой MWD-системой. Измеренные данные передаются в наземный компьютеризированный пульт, где происходит обработка результатов измерений. На основе полученных данных, производят расчет текущего положения бурового инструмента и сравнение с проектными значениями траектории скважины. Далее проводится расчет корректирующих значений азимута, зенитного и визирного углов. Затем рассчитываются значения параметров управляющего воздействия с учетом влияющих факторов (глубины, окружающих пород). Результаты расчетов передаются буровой бригаде, которая управляет исполнительным устройством. Далее результаты искривления скважины при проходке контролируются инклинометрической системой.

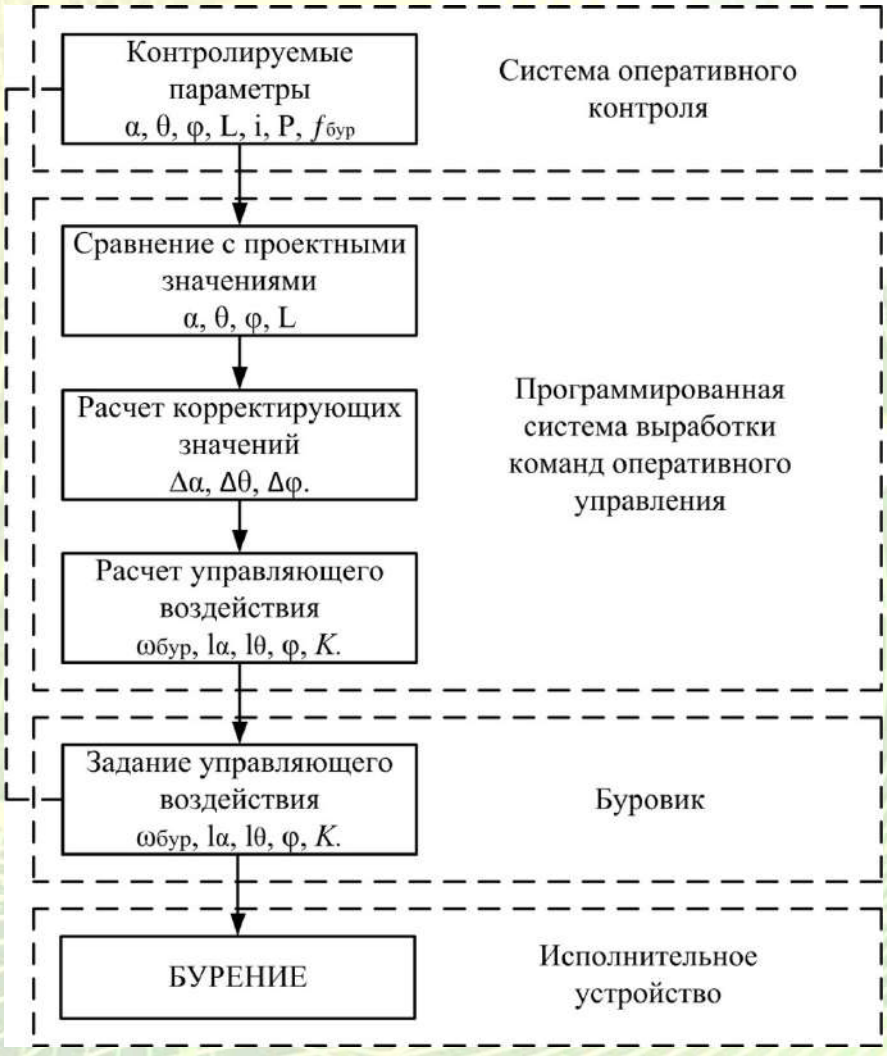


Рис. 1. Упрощения функциональная структура АСУТП-бурения

ISSN 3030-3907

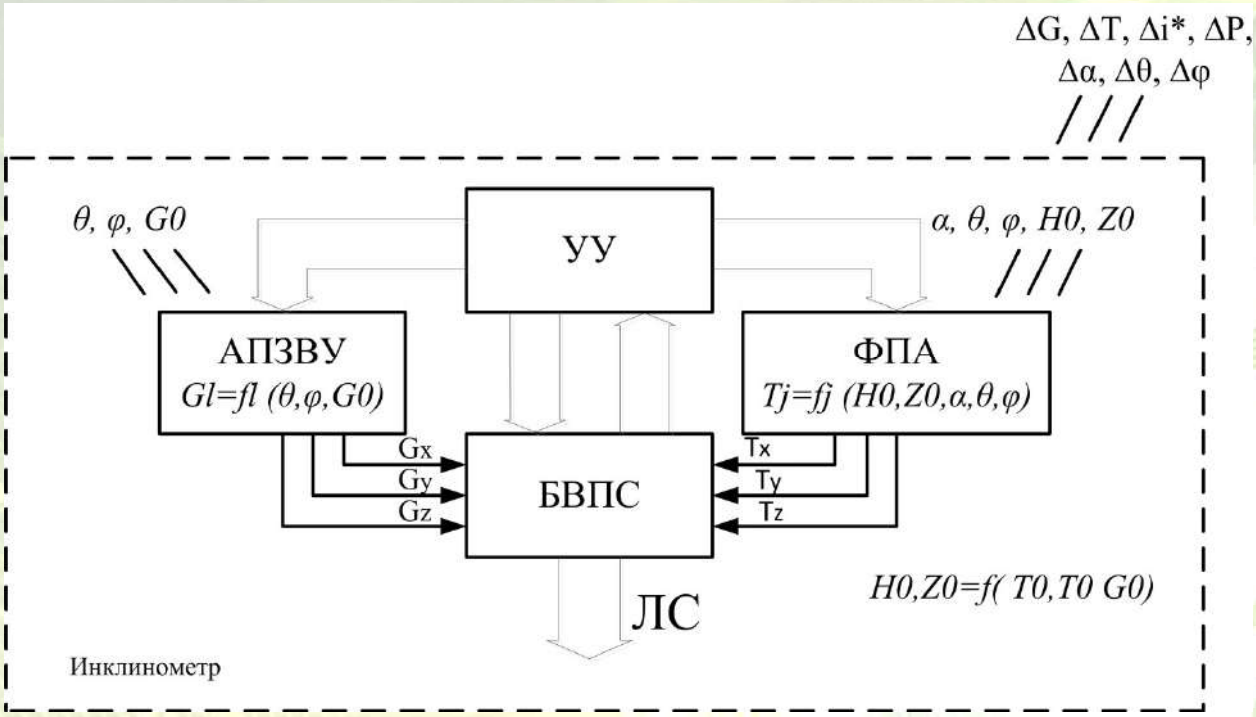


Рис. 2. Блок-схема инклинометра на основе трехкомпонентных ФПА и АПЗВУ

Полноценно функционировать в составе автоматизированных систем управления бурением. Сложность решаемых задач характеризуется тем, что в настоящее время, “несмотря на существенные успехи, создание автоматизированных систем управления техпроцессом бурения находится на стадиях исследований, доводки и совершенствования”.

Среды инклинометрических преобразователей контроля пространственной ориентацией скважины после бурения перспективными являются непрерывные инклинометрические преобразователи, производящие измерения на кабеле без остановок, а также дискретные модули инклинометров в составе агрегатированных комплексов и автономные инклинометрических преобразователей сбрасываемого типа или транспортируемые на кабеле.

Инклинометрическое устройство в общем случае состоит из скважинной части (инклинометра), наземной части и канала связи. Скважинная часть (рис.2) состоит из блока первичных преобразователей (преобразователя азимута и преобразователя зенитного и визирного углов), устройства управления и формирования образцовых сигналов (УУ) и блока вторичного преобразования сигналов (БВПС). Скважинная часть предназначена для измерения комплекса угловых параметров пространственной ориентации в заданной точке ствола скважины; наземная часть для регистрации, обработки данных и представления их в требуемой форме; канал связи - для обеспечения помехозащищенной передачи

ISSN 3030-3907

информации между скважинной частью и наземной частью инклинометрического устройства [4]. Характеристики и показатели инклинометрического прибора во многом определяются параметрами первичных преобразователей инклинометров.

Комплекс требований, предъявляемых к инклинометрическим преобразователям, различен и определяется влиянием ряда факторов: режимом работы инклинометра, типом скважины, параметрами бурения, требуемой погрешностью попадания в круг допуска. Требования к инклинометрических преобразователей устанавливаются, учитывая комплекс параметров конкретной скважины: типа скважины, траектории ее проведения, среды бурения, глубины, требований к кругу допуска. В требования, предъявляемые к параметрам инклинометрических преобразователей, определяются в основном из требований, предъявляемых к скважинной части инклинометра.

Требования к метрологическим показателям инклинометрических преобразователей, а также частные требования к конструкции скважинного прибора определяются типом скважины (вертикальная, наклонно-направленная, горизонтальная), глубиной залегания продуктивного пласта, необходимой точностью проводки скважины по заданной траектории, точностью попадания забоя скважины в требуемую область продуктивной зоны.

Требования к конструкции инклинометрических преобразователей определяются в основном определяются условиями эксплуатации. В зависимости от технологических условий исследования скважин инклинометрических преобразователей подразделяются на модули - инклинометры в составе забойных систем; комплексы исследования геофизических параметров; приборы контроля искомых углов азимута (α) и зенитного (θ) углов пробуренных скважин, а также участков бурящейся скважины после подъема колонны буровых труб для смены долота и контроля ориентации скважины в процессе подъема колонны буровых труб [5].

Классификация требований, предъявляемых к инклинометрических преобразователей, представлена на рис.3 В общем случае требования к инклинометрических преобразователей можно разделить на три группы: требования к метрологическим конструкции, эксплуатационные требования. Метрологические требования в свою очередь, подразделяются: на требования, регламентирующие число и тип измеряемых параметров (азимут и зенитный углы; азимут, зенитный и визирный углы); на требования к

ISSN 3030-3907

значениям диапазонов измерения каждого параметра, которые определяются типом и траекторией скважины (вертикальная, наклонно-направленная и горизонтальная): на требования к погрешности определения данных угловых параметров в заданных диапазонах (основная погрешность азимута ±1°, ±2°, ±4°, ±6°, по зенитному углу ±10 угл. мин, ±15 угл. мин, ±30 угл. мин.)

Требования к конструкции различают по исполнению (автономный, дистанционный), по принципу действия (магнитный, немагнитный); по способу фиксации информации (механический, электромеханический, фотометрический, оптоэлектронный); по способу регистрации информации (одноточечные, многоточечные, непрерывные); по габаритным размерам: перечень наружных диаметров кожухов (25мм, 30мм, 36мм, 42мм 48мм, 60мм, 73мм, 89мм, 100мм, 110мм, 120мм), по длине инклинометрических преобразователей, параметр которого имеет немаловажное значение для горизонтальных скважин. Эксплуатационные требования характеризуют требования к инклинометрических преобразователей, предъявляемые при работе, при хранении, при транспортировании и общие. В процессе работы наибольшее внимание уделяется следующим параметрам: времени непрерывной работы, ударным воздействиям, вибрационным возмущениям, рабочей температуре, давлению, условиям среды. Время непрерывной работы должно быть не менее 8 ч. Значение максимальной рабочей температуры и рабочее давление зависят от глубины залегания пласта, и предельное значение температуры выбирается из ряда 50º, 80º, 100º, 120º, 150º, 180º, 200º, 250º С, максимальное давление выбирается из значений 10, 20, 30, 40, 60, 80, 120, 150 МПа. Скважинная часть инклинометра должна сохранять свои параметры после воздействия вибрации в течение 0.5 ч с частотой от 10 до 70 Гц и ускорением до 35 м/с2, а также после воздействия 2000 ударов с максимальным ускорением до 150 м/с2, длительностью импульсов от 6 до 12 мс и частотой от 10 до 50 ударов в минуту.

В аспекте обеспечения точных показателей проводимых измерений наиболее значимыми являются требования к способам регистрации информации: одноточечные, многоточечные, непрерывные, к диапазонам измеряемых параметров, к погрешностям измерения параметров азимута, зенитного угла и визирного угла.

ISSN 3030-3907

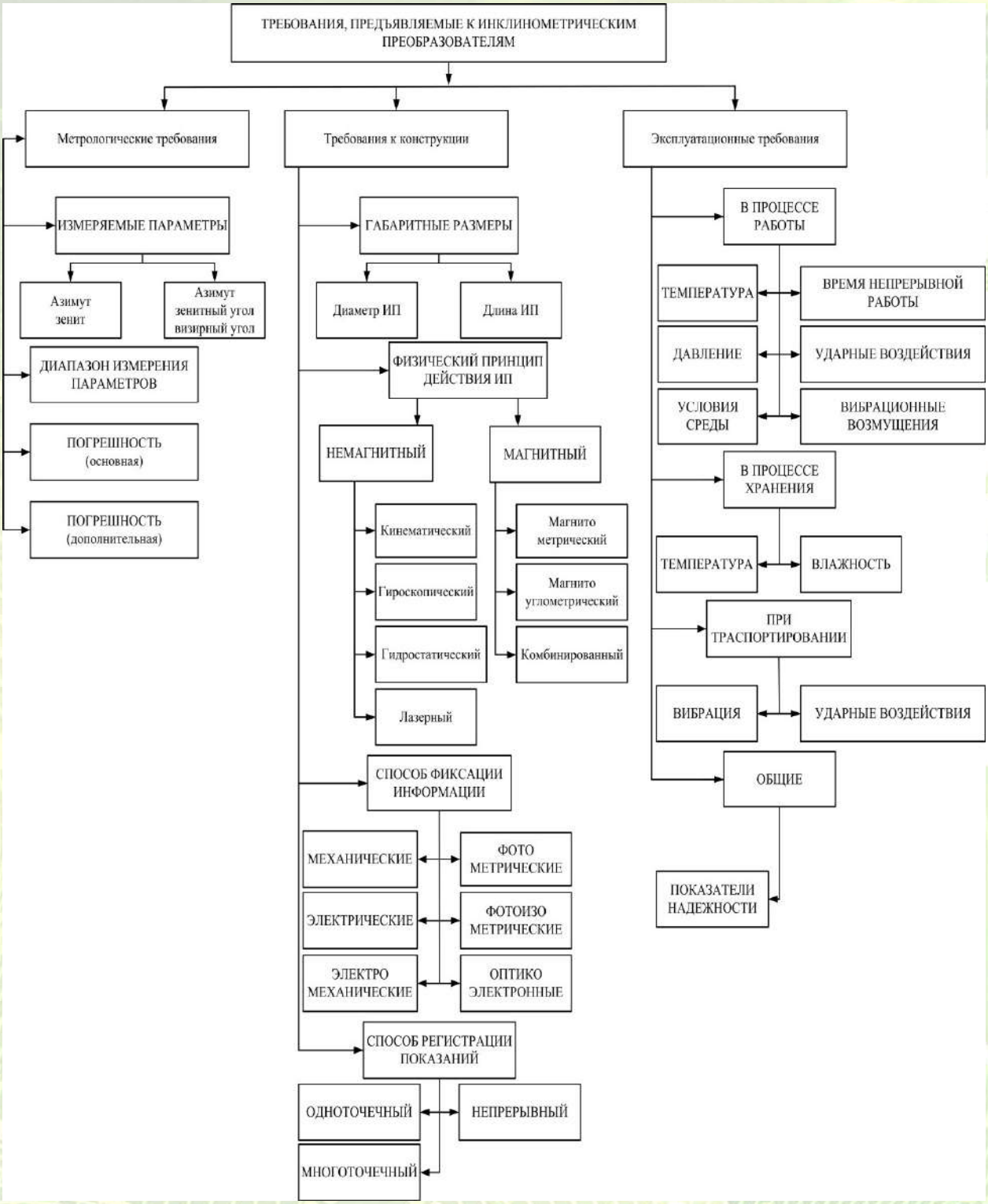


Рис. 3. Структурная схема

В развитии кинематических схем инклинометрических преобразователей прослеживается тенденция упрощения конструкций первичных преобразователей инклинометра с одновременным повышением надежности, виброустойчивости, улучшением точных показателей и усложнением преобразования сигналов и их обработкой [6]. В настоящий момент наиболее перспективными первичными преобразователями

ISSN 3030-3907

инклинометров являются акселерометрические, феррозондовые и гироскопические датчики на основе трехкомпонентной кинематической схемы с жесткой ортогональной ориентацией элементов. Стремительное развитие вычислительных систем делает применение таких преобразователей эффективным, позволяя путем алгоритмической обработки результатов измерений и коррекции характеристик инклинометрических преобразователей повысит точные показатели проводимых измерений. Данное направление является наиболее перспективным как в отечественных, так и зарубежных разработках.

Рост требований к скважинной части инклинометра происходит в первую очередь по точности, надежности, виброустойчивости, что определяется использованием их в составе систем управления бурением. Анализ параметров инклинометрических устройств показывает, что лучшими точными показателями обладают современные инклинометрических преобразователей на основе феррозондов и акселерометров. Показатели лучших образцов инклинометрических преобразователей в пределах: погрешность, азимута $\alpha \leq 1{,}5 - 2{,}0$ град, погрешность зенитного угла $\theta \leq 15 - 25$ угл. мин, погрешность визирного угла $\varphi \leq 15 - 20$ угл. мин.

Однако, в связи с достаточно низкими точными показателями современных устройство преобразования и обработки (погрешность задания угла 4-30 угл. мин.) возрастает доля инструментальных погрешностей инклинометрических преобразователей, вносимая при экспериментальных исследованиях. Для решения задачи создания инклинометрических преобразователей с повышенными точными показателями актуальным является современные устройство преобразования и обработки и анализ основных факторов, обуславливающих инструментальные погрешности инклинометрических преобразователей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, метрологические требования к инклинометрическим преобразователям при вертикальном и наклонно-направленном бурении формируются с учётом высокой ответственности измерений, жёстких условий эксплуатации и необходимости интеграции в автоматизированные системы управления. Повышение точности, стабильности и надёжности данных преобразователей является одним из ключевых направлений развития современных буровых технологий и играет важную роль в повышении эффективности и безопасности буровых работ.

ISSN 3030-3907

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аксельрод С.М.* (2005) Исследование профиля потока в горизонтальных скважин (по материалам американской печати) // Каротажник, Тверь: - № 5-6. -с. 301-305
2. *Amirov, S., Ataullayev, A.,* (2024) E3S Web of Conferences, 525, 03010
3. Amirov, S.F. Ataullayev, N.O. Ataullayev, A.O. Muxammadov B.Q. Majidov, A.U., (2023) E3S Web of Conferences, 414, 03011
4. *Алексеев В.В., Асиновский Э.Н.* (2005) Синусный косинусный вращающий трансформатор. Пат. №1131429 SU. / - Опубл. В Б.И. № 5
5. *Балденко Д.Ф., Балденко Ф. Д., Гноевых А.Н.* (1999) Винтовые забойные двигатели (Справочные пособие). -М.: Недра,- 375 с.
6. *Доросинский, А.Ю.* (2012) 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. гос. технол. акад., - № 6. - С. 42-46.
7. *Миловзоров Г.В.* (1985) Преобразователь зенитных и визирных углов. А.с. 1150353 SU. МКИ 4 Е 21 В 47/02. / Опубл. БИ №14.
8. *Миловзоров Г.В.* (1997) Анализ инструментальных погрешностей инклинометрических устройств. – Уфа, изд. “Гилем”,– 184.
9. *Сафронов В.А.* (2014) Теория и практика применения датчиков угла на основе синусно-косинусных вращающихся трансформаторов. Журнал «Компоненты и технологии», Москва, №4. – С.58-62.
11. *Шарапов В.М.,* Полищук Е.С., Кошевой Н.Д., Ишанин Г.Г., Минаев И.Г., Совлуков А.С. (2012) Датчики: Справочное пособие / - Москва: Техносфера, - 624 с.

ISSN 3030-3907