



ДИСТАНЦИОННЫЙ СТВОРОФИКСАТОР С ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМ ИНДИКАТОРОМ

Захидов Нематжон Муратович,
кандидат технических наук, доцент;

Нурмухамедова Гузал Талатовна,
магистрант I курса,
факультет электроэнергетики,

Ташкентский государственный технический университет;

Самборский Александр Адамович,
кандидат технических наук, доцент,
главный советник Национального центра
государственных кадастров,
геодезии и картографии,
E-mail: al.samborsky@gmail.com

***Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос повышения уровня автоматизации створных измерений при наблюдении за осадками и деформациями инженерных, в том числе гидротехнических сооружений различных конструкций, различающихся между собой работой на гидростатическую нагрузку. Выполнен сравнительный анализ современных средств производства инженерно-геодезических измерений с применением визуально-оптических приборов и более современных лазерных, светодиодных инфракрасных и других источников излучения в совокупности с фотоэлектрическими и оптико-электронными регистрирующими устройствами, включая дифракционный, дисперсионный, интерференционные методы, устройства с применением механических сканирующих узлов. Кратко изложена теория жидких кристаллов, основные характеристики, свойства анизотропии, физические свойства конструкции, преимущества по параметрам энергоемкости, массы, габаритных размеров. Также рассмотрен способ дистанционного управления и съема информации. В результате исследований предложено техническое решение геодезического устройства для створных измерений с жидкокристаллическим индикатором с дистанционным управлением, в качестве которого использована приставка для установки сотового телефона, отличающаяся от известных низкой энергоемкостью, малыми габаритами и массой, высоким уровнем удобства эксплуатации. Устройство может быть использовано при выполнении высокоточных створных измерений в строительстве, при определении горизонтальных деформаций крупных инженерных сооружений: плотин, мостов, подпорных стенок, выверке направляющих путей, установке технологического оборудования в проектное положение по базовым точкам, монтаже промышленных конвейеров и выполнении других инженерно-геодезических работ.*

***Ключевые слова:** геодезические измерения, створ, жидкий кристалл, регистратор, триггер, поляризация, счетчик, реверс, импульс.*



СУЮҚ КРИСТАЛЛИ ИНДИКАТОРИ МАВЖУД БЎЛГАН МАСОФАВИЙ СТВОРОФИКСАТОР

Захидов Нематжон Муратович,
техника фанлари номзоди, доцент;

Нурмухамедова Гўзал Талатовна,
I босқич магистранти, электроэнергетика факультети,
Тошкент давлат техника университети;

Самборский Александр Адамович,
техника фанлари номзоди, доцент, бош маслаҳатчи,
Давлат кадастрлари, геодезия ва картография миллий маркази

***Аннотация.** Мақолада муҳандислик ҳамда гидростатик кучланиш иши билан бир-биридан фарқ қиладиган ҳар хил конструкцияли гидротехник иншоотларнинг чўкиндилар ва деформациялар назорати вақтида створ ўлчовларнинг автоматлаштириши даражасини ошириши масаласи кўрилган. Фотозлектрик ва оптик-электрон рўйхатдан ўтказувчи ускуналар, шунингдек, дифракцион, дисперсион, интерференц усуллари, механик сканер тугунларини қўллаш тузилмалари билан биргаликда визуал-оптика асбоблар ва замонавийлашган лазер, светодиод инфракүзил ва бошқа нурланиш манбаларини таққословчи таҳлил ўтказилди. Суюқ кристаллар назарияси, унинг асосий тавсифлари, анизотропия ва физик хусусиятлари, конструкциялар, энергоҳажм параметрлари, оғирлиги, габарит ўлчовлари бўйича устунлиги қисқа баён этилган. Масофадан бошқариш ва маълумотларни олиш усули ҳам кўриб чиқилган. Тадқиқот натижасида створ ўлчовлари учун суюқ кристалли, масофадан бошқариладиган ва бошқаларга қараганда кам энергоҳажмли, кичик габарити ва оғирлиги, ишлатишида юқори даражали қулайлиги билан фарқ қиладиган уяли телефонни ўрнатишга мўлжалланган приставкадан фойдаланилган индикатори мавжуд бўлган геодезик ускунанинг техник ечими таклиф этилган. Мазкур ускунадан қурилишида юқори аниқликдаги створ ўлчовларини бажаришида, йирик муҳандислик иншоотлари – плотина, кўприклар, тиргович деворлар горизонтал деформацияларини аниқлашда, кўрсаткич йўлларни текширишида, технологик ускуналарни базавий нуқталари бўйича лойиҳавий ҳолатига ўрнатишида, саноат конвейрлар монтажи ва бошқа геодезик-муҳандислик ишларини бажаришида фойдаланиши мумкин.*

***Калим сўзлар:** геодезик ўлчовлар, створ, суюқ кристалл, рўйхатга олувчи мослама, триггер, қутбланиш, ҳисоблагич, реверс, импульс.*

REMOTE ALIGNMENT FIXING DEVICE WITH LIQUID CRISTALL DISPLAY

Zakhidov Nematjon Muratovich,
PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Tashkent State Technical University;

Nurmukhamedova Guzal Talatovna,
Master student, Faculty of Electrical Power Engineering,
Tashkent State Technical University;

Samborsky Alexander Adamovich,
PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Chief Advisor,
National Center of State Cadastres, Geodesy and Cartography



Abstract. *The article discusses the issue of increasing the level of automation of alignment measurements when observing settlements and deformations of engineering structures, including hydraulic structures of various structures, which are different in their work on hydrostatic load. The study is based on a comparative analysis of modern means for production of engineering and geodetic measurements using visual optical devices and more modern laser, LED, infrared and other radiation sources in conjunction with photoelectric and optoelectronic recording devices, including diffraction, dispersion, interference methods, devices using mechanical scanning nodes. The theory of liquid crystals, main characteristics, anisotropy properties, physical properties, design, advantages in terms of energy consumption, weight, and overall dimensions are briefly presented. The method of remote control and information capturing is also considered. As a result of the research, a technical solution was proposed for a geodetic device for alignment measurements with a liquid crystal display with remote control, which is used as an attachment for installing a cell phone, which differs from the known ones in low energy consumption, small dimensions and weight, and a high level of ease of use. The device can be used when performing high-precision alignment measurements in construction, determining horizontal deformations of large engineering structures - dams, bridges, retaining walls, aligning guideways, installing technological equipment in the design position at base points, installing industrial conveyors and performing other engineering and geodetic works.*

Keywords: *geodetic measurements, alignment, liquid crystal, recorder, trigger, polarization, counter, reverse, pulse.*

Введение

Развитие фундаментальной и прикладной науки, промышленных технологий вызывает необходимость строительства крупных промышленных и научных комплексов. Основным условием качественной работы технологических линий является соблюдение высокой точности геометрической взаимосвязи узлов, которую могут обеспечить соответствующие геодезические измерительные устройства [1, с. 255]. Требования к точности строительства, монтажа и выверки технологического оборудования таких объектов обуславливаются технологическими и физическими предпосылками, определяющими оптимальный режим их работы. При этом ставятся условия стабильности во времени деформационных качеств оснований строительных конструкций и технологических элементов строительно-технологических комплексов кольцевых и линейных ускорителей заряженных частиц, антенных комплексов, промышленных конвейеров тонкой технологии, крупных гидроузлов, реакторов атомных электростанций и других подобных инженерных сооружений. Отличительной особенностью этих сооружений является наличие значительного числа сопряженных между собой несущих стро-

ительных конструкций и взаимосвязанных элементов технологического оборудования, для которых необходима повышенная точность монтажа (средняя квадратическая ошибка в диапазоне 0,05-0,5 мм) как отдельных конструкций, так и технологических элементов [2, с. 75; 3, с. 443], что в свою очередь вызывает необходимость применения высокоточных геодезических измерительных устройств [4, с. 103].

В настоящее время ни одно строительство не обходится без соответствующего геодезического обеспечения. В тоже время традиционные методы и средства геодезических измерений зачастую не удовлетворяют требуемой точности и оперативности, поэтому необходима разработка новых геодезических измерительных устройств с учетом особенностей строительства и эксплуатации инженерных объектов.

Рассмотрим, в частности, современные крупные гидроузлы, плотины которых по конструктивным особенностям подразделяются на гравитационные, арочные и арочно-гравитационные, различающиеся между собой работой на гидростатическую нагрузку. По своим размерам современные плотины достигают 300 м в высоту и до 1 км в длину,



что формирует повышенные требования к точности и оперативности геодезических, в частности створных, измерений.

Практика производства инженерно-геодезических измерений при наблюдениях за осадками и деформациями инженерных сооружений основана главным образом на применении визуально-оптических приборов, которые по своей конструкции и принципу действия зачастую не обеспечивают необходимую оперативность, информативность и производительность процесса измерений, характеризуются большой трудоемкостью, требуют участия большого количества исполнителей для обеспечения необходимой точности измерений [5, с. 255].

Главным направлением совершенствования технологии инженерно-геодезических измерений является внедрение методов и средств, основанных на применении лазерных, светодиодных, инфракрасных и других источников излучения в совокупности с фотоэлектрическими и оптико-электронными регистрирующими устройствами и позволяющих создавать принципиально новые методы и средства автоматизации [6, с. 75].

Материалы и методы

Для автоматизации геодезических измерений в качестве референтных (опорных) линий при створных измерениях получили применение лучевые и интерференционные линии. Метод створных измерений заключается в определении перпендикулярных линейных смещений относительно заданной опорной плоскости, хотя измерения часто проводятся относительно одной опорной линии. К ставшим уже классическими методам створных измерений можно отнести следующие.

1. Дифракционный метод по схеме Юнга обеспечивает высокую точность измерений, порядка 30-40 мкм, однако необходимость участия исполнителя для визуального наблюдения дифракционной картины на экране ограничивает процесс автоматизации; другой недостаток метода – это небольшая дальность створа (до 80-100 м).

2. Дисперсионный метод, основанный на теории дифракции Фраунгофера, обеспечивает среднюю дальность створа и высокую

точность; недостаток – сложность процесса автоматизации [6, с. 23; 7, с. 88; 8, с. 134].

3. Интерференционный метод имеет большую, порядка 1000 м, дальность действия, высокую точность и позволяет полностью автоматизировать процесс измерений, но высокие требования к точности изготовления и применения зонных пластин, а также влияние хроматической и сферической аберрации ограничивают его применение.

В практике геодезических створных измерений применяется “способ подвижной марки”, заключающийся в определении отклонений от прямолинейности на i -ом пункте створа, где устанавливается марка с подвижной визирной целью. Вводя марку в створ, измеряют по отсчетному устройству марки нестворность d_i . Величина перемещения подвижной визирной цели относительно места нуля (МО) марки определяется по отчетному устройству в виде шкалы с индексом и индикаторному устройству или микрометру. Комплект оборудования включает ориентирную марку с неподвижной визирной целью, алиниметр специальной конструкции – визирный прибор со зрительной трубой большого увеличения [9, с. 88].

При использовании подвижной марки с ручным приводом возникают систематические ошибки личного характера, а также имеют место трудности в обмене информацией между исполнителем (управляющим подвижной маркой) и наблюдателем, в связи с чем в Московском институте инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии в свое время была разработана марка с дистанционным управлением с электроприводом, а также с радиоуправлением; при этом информация о положении марки выводится на цифровое табло, устанавливаемое на пункте наблюдения.

При всех своих преимуществах эти измерительные устройства обладают рядом недостатков: сравнительная громоздкость и массивность (до 2 кг), обусловленная необходимостью применения электромеханического узла (винтовой стержень с кареткой, электродвигатель с редуктором и др.), энергоемкость, сравнительная сложность радио-



электронной схемы приемника и передатчика с антенной (рабочая частота 29 мГц). Это обусловило необходимость разработки новых устройств для створных измерений (створофиксаторов) [10-14].

Результаты исследования

В целях исключения вышеуказанных недостатков, повышения оперативности процесса измерений, обеспечения необходимой точности и удобства эксплуатации авторами разработано новое устройство для автоматизации створных измерений – дистанционно-управляемый створофиксатор с жидкокристаллическим индикатором (ЖКИ), в котором отсутствуют подвижные механические части и элементы.

Основным отличием ЖКИ от других средств отображения информации является прежде всего низкая энергоемкость (от 1 до 3 мкА), малые габариты и масса, что делает их привлекательными для применения в качестве индикаторов в мобильных устройствах [15, стр. 5].

Жидкокристаллическое состояние – это термодинамическое устойчивое агрегатное состояние, при котором вещество сохраняет анизотропию физических свойств, присущих твердым кристаллам и текучесть, характерную для жидкостей. Такое состояние вещества еще называется мезоморфным [16, с. 81].

Различают три основных типа: смектические, нематические и холестерические жидкие кристаллы (ЖК). ЖК являются диэлектриками, им присуще вращение плоскости поляризации проходящего через них света. Угол поворота плоскости поляризации зависит от толщины слоя (d) и природы ЖК: $\xi'd$, где ξ' – удельное вращение плоскости поляризации, значение ξ' очень велико: $\xi' = (6-7) \times 10^4$ град/мм, к примеру, у кварца $\xi' = 15$ град/мм [17, стр. 81].

Конструкция ячейки ЖК содержит две стеклянные пластины, на которых нанесены полупрозрачные электроды (окисел олова или индия). Между пластинами залит ЖК, толщина слоя которого задается прокладками. Исходная ориентация молекул ЖК может быть различной.

В устройствах, использующих эффект динамического рассеивания, потребляемая мощность составляет 0,1-1 мВт/см² при напряжении возбуждения 15 В и частоте 30 Гц.

Максимальное значение контраста K для динамического рассеивания, необходимое для лучшего зрительного восприятия на расстоянии, а также точность измерений уменьшается с увеличением толщины слоя ЖК, и не зависит от температуры интервала мезофазы.

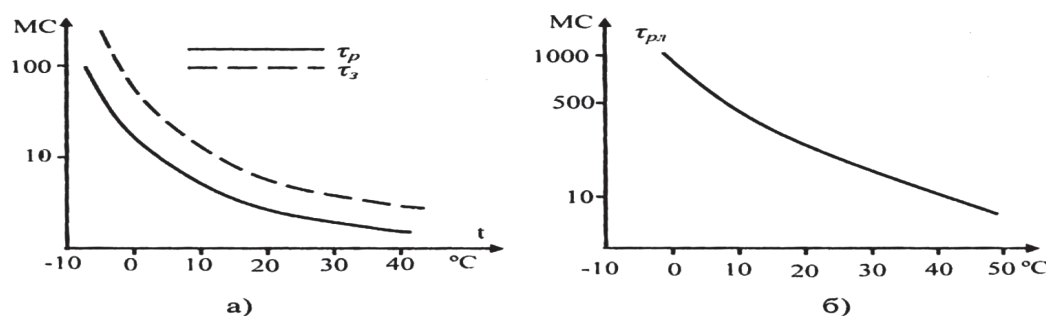


Рис. 1. Зависимость времени реакции и времени задержки от температуры (а), и времени релаксации от температуры (б)

Время релаксации (рис. 1) слоя толщиной 12 мкм при 20 °С и напряжении 10 В равно 10 мс в устройствах на “твист-эффекте” от 200 до 300 в ЖКИ с динамическим рассеиванием.

Основной отличительной стороной предлагаемого устройства с дистанционным управлением является то, что в нем вместо обычной механической подвижной марки используется ЖК-марка, а в качестве



радиосвязи используется сотовая связь, что позволило значительно упростить электронную часть схемы и исключить радиоканал с антенной, что в свою очередь привело к снижению энергоемкости и себестоимости створофиксатора.

В предлагаемой ЖК-марке сотовый телефон временно (в процессе измерения) размещается в двух приставках – приемнике с ЖК и передатчике; после окончания процесса измерений телефоны используются в обычном порядке.

Связь между сотовым телефоном и приставками (с индикаторами) осуществляется посредством звуковой частоты от 4000 Гц – через делители частоты 2000 Гц-1000 Гц и т. д. посредством встроенного микрофона МЭК и громкоговорителя – малогабаритного с соответствующей электронной схемой, включая ЖК индикатор-марка и ЖК-индикатор, которые отличаются очень низкой энергоемкостью, включая цифровые микросхемы типа МОП-КМОП (К176 и др.) структуры.

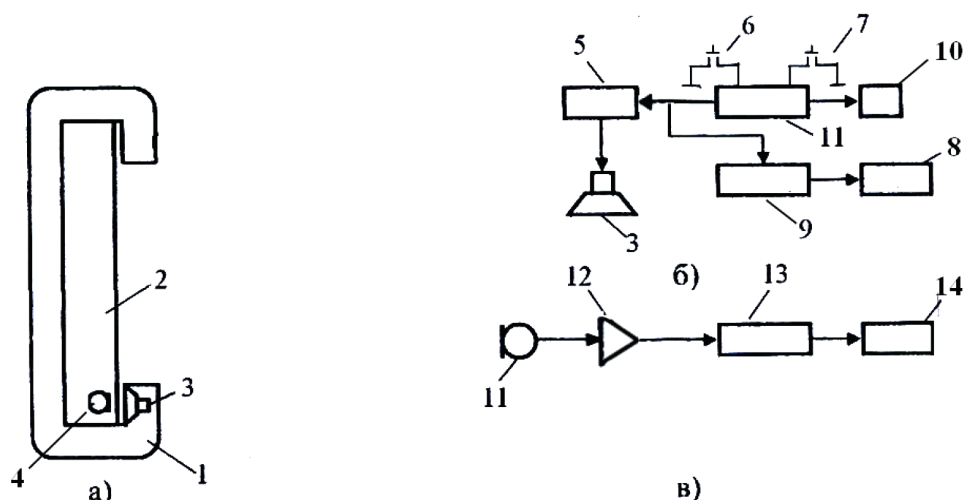


Рис 2. Схема установки микрофона и громкоговорителя (а), блок-схема передатчика (б) и приемника (в)

На рис. 2 изображены схема установки микрофона и громкоговорителя (а), блок-схемы передатчика (б) и приемника (в) ЖК-марки. Приставка-передатчик ЖК-марки состоит из пластмассового корпуса (1) (рис. 2, а – вид сбоку) – двух линейно перемещающихся пластин, необходимых для фиксации сотового телефона (2) внутри корпуса. В нижней части, напротив, встроены громкоговоритель (3) напротив микрофона (4) сотового телефона, включенного в электронную схему (5) с блоком питания и управляемый кнопочными выключателями (суммирующей кнопкой (6) и вычитающей кнопкой (7)), индикатор (8) на ЖК, включенный на вход реверсивной пересчетной схемы (9), на вход которого подключен генератор импульсов (10) и через коммута-

ционный блок (11), управляемые электронными ключами, связанными с тактовым ($\nu = 2$ Гц) генератором через делитель частоты – Т-триггером (рис. 2, б). Приставка-приемник (рис. 2, в) включает в себя микрофон (типа МЭК) (11), подключенный на вход электронной схемы (12), выходы которого параллельно подключены к дешифраторам (фильтр LC) 2000 Гц, 1000 Гц и 500 Гц, подключенным к пересчетной схеме (13) индикатором (14), через формирователь импульсов и второй громкоговоритель.

Работает ЖК-марка следующим образом. После включения задающий генератор (10) начнет вырабатывать импульсы с частотой $\nu=4000$ Гц, которые пройдя через делитель частоты 2000 Гц, через нажатую суммирующую кнопку (6) поступают на вход



электронного ключа, а от него параллельно громкоговорителю (3) и через формирователь импульса на вход пересчетной схемы (9) и индикатор (8). Пересчетная схема (9) начнет отсчет импульсов, и на индикаторе (8) появятся последовательно увеличивающиеся цифры. Одновременно звуковые сигналы (пучок импульсов) через громкоговоритель поступят на микрофон (11) и усилитель (12) ЖК-марки посредством сотовой связи (предварительно включаются два телефона, набирается соответствующий номер приемника, включаются входные сигналы путем нажатия кнопки). Усиленный усилителем сигнал, пройдя через фильтр $\nu=2000$ Гц, параллельно поступит на пересчетную схему (13) и индикатор (14). Параллельно индикатор начнет последовательно отсчет импульсов, а на ЖК-индикаторе биссектор начнет перемещаться (например, слева направо) и достигнет такого положения, когда наблюдатель с помощью оптической трубы, установленной на базисной точке створа, приведет к центру оси оптической трубы и оси биссектора ЖК-индикатора (14). После

совмещения осей биссектора и оптической трубы наблюдатель снимает отсчеты либо со своего индикатора, либо с индикатора ЖК-марки посредством оптической трубы. При этом будет отображаться цифра, пропорциональная величине смещения контрольной точки.

Техническое решение створфиксатора зарегистрировано в Агентстве по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан № IAP 20180418.

Выводы

Разработанное геодезическое измерительное устройство может быть использовано при выполнении высокоточных створных измерений в строительстве, определении горизонтальных деформаций крупных инженерных сооружений – плотин, мостов, подпорных стенок, выверке направляющих путей большой протяженности, установке технологического оборудования в проектное положение по базовым точкам, монтаже промышленных конвейеров тонкой технологии относительно референтной линии или плоскости с соответствующей точностью.

References

1. Jambaev H.K., Golykin N.H. Geodezicheskoe instrumentovedenie [Geodetic instrumentation]. Moscow, Jukis Publ., 2005, 301 p.
2. Bol'shakov V.D. Metody i pribory vysokotochnyh geodezicheskikh работ v stroitel'stve [Methods and devices for high-precision geodetic works in construction]. Moscow, Nedra Publ., 1976, 335 p.
3. Geodezicheskie raboty v stroitel'stve. Spravochnik stroitel'ja [Geodetic works in construction. Builder's Handbook]. Moscow, Nedra Publ., 1984, 443 p.
4. Zacarinyj A.V. Avtomatizacija vysokotochnyh inzhenerno-geodezicheskikh izmerenij [Automation of high-precision engineering and geodetic measurements]. Moscow, Nedra Publ., 1976, 247 p.
5. Guljaev Ju.P. Prognozirovaniye deformatsij sooruzhenij na osnove rezul'tatov geodezicheskikh nabljudenij [Forecasting deformations of structures based on the results of geodetic observations]. Novosibirsk, SGGA, 2008, 255 p.
6. Geodezicheskie metody issledovaniya deformatsij sooruzhenij [Geodetic methods for studying deformations of structures]. Moscow, Nedra Publ., 1991, 272 p.
7. Kamen H., Jelektronnye sposoby izmereniya v geodezii [Electronic measuring methods in geodesy]. Moscow, Nedra Publ., 1982, 254 p.
8. Katys G.P. Obrabotka vizual'noj informacii [Visual information processing]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990, 320 p.



9. Mad'jari B. Jelementy optoelektroniki i fotoelektricheskoy avtomatiki [Elements of optoelectronics and photoelectric automation]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1979, 160 p.
10. Zahidov N.M., Murzajkin I.Ja. Fotoelektricheskij distancionnyj urovner [Photoelectric remote level transmitter]. Avtorskoe svidetel'stvo S.U. no. 1789873, 1992.
11. Zahidov N.M., Samborskij A.A., Juldoshev I.A. Optiko-jelektronnyj registrator otklonenija ot prjamolinejnosti so svetovodnym analizatorom [Optical-electronic recorder of deviation from straightness with a fiber-optic analyzer]. Nauka i innovacionnoe razvitie – Science and Innovative Development, 2019, no. 06, pp. 96-102.
12. Zahidov N.M., Samborskij A.A., Saitov Je.B., Rahmatillaev Sh.F. Jelektronnyj registrator otklonenija ot prjamolinejnosti s optiko-svetovodnym analizatorom [Electronic recorder of deviations from straightness with optical fiber analyzer]. Fotoenergetikada nanostrukturali yarimo'tkazgich materiallalar Xalqaro ilmiy anjumani. Ma'ruzalar to'plami [International Scientific Conference on Nanostructured Semiconductor Materials in Photovoltaics. Collection of reports]. Tashkent, 2020, pp. 179-183. (In Russ.)
13. Zahidov N.M., Samborskij A.A., Saitov Je.B., Boltaev A.A. Sovershenstvovanie fotoelektricheskogo analizatora dlja avtomatizacii stvornyh izmerenij [Improvement of the photoelectric analyzer for automation of alignment measurements]. Electr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash hamda undan oqilona foydalanishning dolzarb muammolari Respublika anzhumani ilmiy ishlar tuplami. [Actual problems of production, transmission and distribution of electricity and its rational use. Collection of scientific papers of the republican conference]. Tashkent, 2020, pp. 39-40. (In Russ.)
14. Zahidov N.M., Samborskij A.A., Saitov Je.B., Boltaev A.A. Fotoelektricheskij registrator dlja izmerenija otklonenij s volokonno-opticheskim uzlom [Photoelectric deviation recorder with fiber optic assembly]. Electr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash hamda undan oqilona foydalanishning dolzarb muammolari Respublika anzhumani ilmiy ishlar tuplami. [Actual problems of production, transmission and distribution of electricity and its rational use. Collection of scientific papers of the republican conference]. Tashkent, 2020, pp. 33-35. (In Russ.)
15. Groshev A.A., Sergeev V.B. Ustrojstva otobrazhenija informacii na osnove zhidkih kristallov [Liquid crystal display devices]. Leningrad, Jenergija Publ., 1977, 80 p.
16. Vasilevskij A.M., Kropotkin M.A., Tihonov V.V. Opticheskaja jelektronika [Optical electronics]. Leningrad, Jenergoatomizdat Publ., 1990, 176 p.
17. Geguzin Ja.E. Zhivoj kristall [Living crystal]. Moscow, Nauka Publ., 1987, 192 p.

Рецензент: Тошболтаев М.Т., доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научным делам и инновациям Научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства.