

Д.В. Мясоедов – автоматтандыру, ақпараттық технологиялар және қала құрылысы кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: dmitriy880@mail.ru.

Сведения об авторах

А.Д. Золотов* – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации, информационных технологий и градостроительства; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: azol64@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9751-8161>.

А.Ж. Сайлаубекова – магистрант кафедры автоматизации, информационных технологий и градостроительства; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: asel_sailaubekova@mail.ru.

Е.А. Оспанов – PhD кафедры автоматизации, информационных технологий и градостроительства; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: 78oea@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5342-274X>.

Д.В. Мясоедов – старший преподаватель кафедры автоматизации, информационных технологий и градостроительства; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: dmitriy880@mail.ru.

Information about the authors

A. Zolotov* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automation, Information Technology and Urban Planning; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: azol64@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9751-8161>.

A. Sailaubekova – Master's student of the Department "Automation, Information Technologies and Urban Planning"; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: asel_sailaubekova@mail.ru.

E. Ospanov – PhD of the Department "Automation, Information Technologies and Urban Planning"; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: 78oea@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5342-274X>.

D. Myasoedov – Senior Lecturer of the Department "Automation, Information Technologies and Urban Planning"; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: dmitriy880@mail.ru.

DOI: 10.53360/2788-7995-2022-1(5)-3

МРНТИ: 20.51.17

А.У. Калижанова*, С.Б. Сейдазимов, З.А. Жилкишбаева

Алматы Технологиялық университеті,
050012, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Төле би к-сі, 100
*e-mail: zulfia.zhilkishbayeva@mail.ru

БРЭГГ ТАЛШЫҚТЫ ТОРЛАРҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ДАТЧИКТЕРДІҢ МОДЕЛЬДЕРІ МЕН ПАРАМЕТРЛЕРІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ ФИЗИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРДІҢ ТОРЛАРДЫҢ СПЕКТРЛІК СИПАТТАМАЛАРЫНА ӘСЕРІ

Аңдатпа: Жобаның нәтижелері медициналық мекемелер мен денсаулық сақтау объектілері, ірі өнеркәсіптік кәсіпорындар, автомобиль өнеркәсібі, тамақ, ауыл шаруашылығы және мал шаруашылығы өнеркәсібі, сондай-ақ өнеркәсіптік техника, металлургия өнеркәсібі; мұнай және газ өнеркәсібі сияқты әртүрлі салаларда кең практикалық қолданысқа ие.

Массивтерге негізделген фазалық интерферометриялық датчиктерде (ФИД) сезімтал элемент – бұл өзіндік құнның айтарлықтай төмендеуіне әкеледі. Екі тордың арасындағы ОВ сегменті – Фабри-Перо интерферометрі.

Деформация мен акустикалық тербелістердің әсерінен сигналдардың фазалық айырмашылығы екі іргелес Брэгг торларынан өзгереді. Интерферометриялық датчиктер сыртқы факторлардың әсерінен талшық ұзындығының өзгеруіне үлкен сезімталдыққа ие.

Қарапайым жағдайда (бір ФИД жағдайында) ФИД негізіндегі таратылған талшықты-оптикалық өлшеу кешендерінің жұмыс принципі 1-суретте көрсетілген және келесідей. Брэгг торларының әрқайсысы РБ1 және РБ2 сенсор импульстік лазерден оған түсетін импульсті Брэггтың бірдей толқын ұзындығында көрсетеді.

Бұл жағдайда шағылысқан импульстар арасындағы уақыт кідірісі сенсордың сезімтал элементінде – торлар арасында орналасқан талшықта жарықтың таралу уақытының екі есе артуына тең.

Шағылысқан импульстар компенсаторлық интерферометрге (КИ) түседі, ол өз кезегінде олардың әрқайсысын екіге бөледі. 1-ші иыққа қатысты 2-ші иық импульстарының таралуына енгізілген кідіріс 2-ші иық шығысында РБ1 торынан шағылысқан импульстің және 1-ші иық шығысында РБ2 торынан шағылысқан импульстің уақыт бойынша қабаттасуын және олардың $\phi_0 = \pi / 2$ фазасында ығысуын қамтамасыз етеді.

Түйін сөздер: *Брэгг талшықтары, виброакустикалық бақылау, Брэгг торы, деформация, резонанстық толқын, фазалық интерферометриялық датчиктер.*

Кіріспе

Телекоммуникациялық және ақпараттық-өлшеу жүйелерінің дамуымен ортаның сыну коэффициентін өлшеу үшін Брэгг талшықты торларына (БТТ) негізделген оптикалық датчиктердің интеррогациялық жүйелерін зерттеу қажеттілігі туындады.

Көптеген елдердің ғалымдары Брэггтың көлбеу торларының спектрінің өзгеру қарқындылығымен айналысып, ортаның сыну көрсеткішінің шамасын өлшеу Zheng, J., Dong, X., Ji, J., su, H., Shum, PP жазбаларында көрініс тапты.

Жарық көздерінің элементтерін, анықтау жүйелерін және оптикалық талшықтардың өздерін белгілі бір қолдану үшін оларда жазылған өлшеу құрылымдарымен, сондай-ақ талшықты-оптикалық датчиктердің құнын бейімдеу қажеттілігіне байланысты конвенциялық электр жүйелерін қолдану мүмкін емес жерлерде нақты өлшеу жүйелерін құруға мүмкіндік береді.

Тор батырылған Мыстың сыну индексінің өзгеруіне байланысты Брэггтың көлбеу тор спектрінің параметрлерін өзгертуге арналған әдістер спектрометриялық өлшеулерді немесе басқа күрделі және қымбат өлшеу әдістерін қолдануды қажет етеді [1].

Зерттеу әдістері

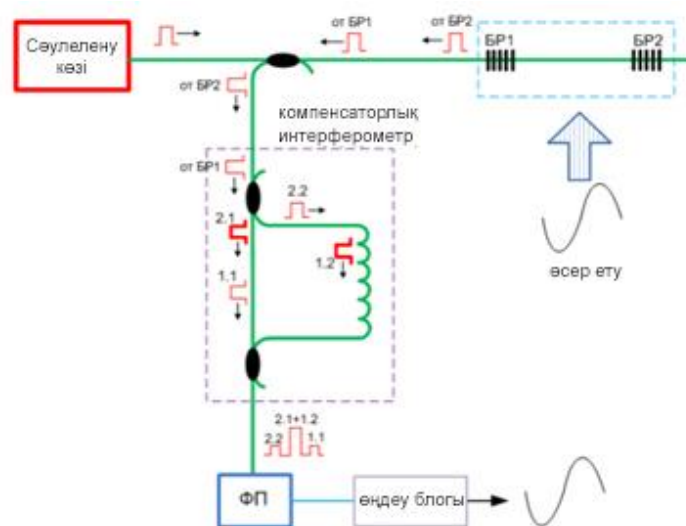
Сыртқы әсер ету нәтижесінде сенсордың сезімтал элементінің деформация уақытының өзгеруі кедергі импульстарының фазалық айырмашылығының өзгеруіне әкеледі. Соңғысы фотодетектормен (ФП) ток шамасының өзгеруіне айналады.

Кедергі импульстары арасындағы $\phi_0 = \pi / 2$ фазаларының қосымша ығысуы фотодетектордың максималды 54тік учаскеде жұмыс істеуін қамтамасыз етеді, ал кедергі импульстарының қарқындылығының теңдігі фотодетектордың шығысында сигналдың максималды амплитудасын алуға мүмкіндік береді (1-сурет).

Бір талшықта датчиктер массивін құру үшін уақытша (егер ВБР бірдей шағылысу толқын ұзындығына ие болса) және спектрлік тығыздау қолданылады (бірлік датчиктер әр түрлі шағылысу толқын ұзындығында жұмыс істейтін ВБР-ден тұрады).

Бір талшықта датчиктер массивін құру үшін уақытша (егер ВБР бірдей шағылысу толқын ұзындығына ие болса) және спектрлік тығыздау қолданылады (бірлік датчиктер әр түрлі шағылысу толқын ұзындығында жұмыс істейтін ВБР-ден тұрады).

Арнаны қалыптастыру үшін Брэгг талшықты торларын пайдалану бір кабельде көптеген сенсорларды, айырмашылықтарды біріктіруге мүмкіндік береді сигналдар толқын ұзындығы бойынша жеке гидрофондардан [4] уақытша қолданылады.



1 сурет – Брэгг торларына негізделген виброакустикалық бақылаудың талшықты-оптикалық жүйесінің жұмыс принципі

Зерттеу нәтижелері

Талшықты Брэгг торының резонанстық толқын ұзындығы тиімді ПП жарық өткізгіштің өзегіне және ПП модуляция кезеңіне байланысты. Өз кезегінде, бұл екі параметр сыртқы деформациялық кернеулер мен температураға байланысты. (1) өрнегін қолдана отырып, деформация мен температураның әсерінен шағылыстың орталық толқын ұзындығын келесідей жазуға болады [3]:

$$\Delta\lambda_{BG} = 2 \left(\Lambda \frac{\partial n_{eff}}{\partial l} + n_{eff} \frac{\partial \Lambda}{\partial l} \right) \Delta l + 2 \left(\frac{\partial n_{eff}}{\partial T} + n_{eff} \frac{\partial \Lambda}{\partial T} \right) \Delta T \quad (1)$$

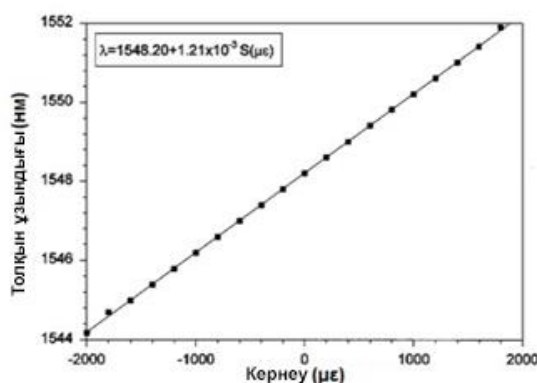
Өрнектегі бірінші термин (1) деформацияның талшыққа әсерін көрсетеді. Оның физикалық мәні серпімді-оптикалық әсерден туындаған тор мен ПП кезеңінің өзгеруінде. Бұл әсерді келесі өрнекпен сипаттауға болады:

$$\Delta\lambda_{BG} = \lambda_{BG} (1 - p_e) \varepsilon(Z) \quad (2)$$

мұндағы p_e – тиімді серпімді-оптикалық тұрақты, ретінде анықталады: мұндағы p_{11} и p_{12} – серпімді-оптикалық тензордың компоненттері, n – ПП өзегі, а ν – Пуассона коэффициенті. Параметрлері бар стандартты бір режим үшін $p_{11} = 0,113$, $p_{12} = 0,252$, $\nu = 0,16$ и $n = 1,482$ шағылысуының толқын ұзындығы кезінде ВБР $\lambda_{B0} \approx 1550$ нм деформацияға болжамды сезімталдық салыстырмалы ұзарту кезінде 1,2 пм құрайды $\varepsilon(z)=10^{-6}$ [5].

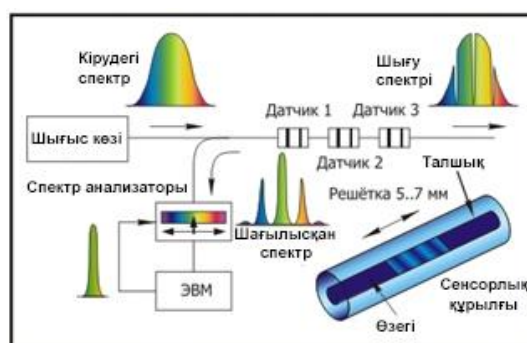
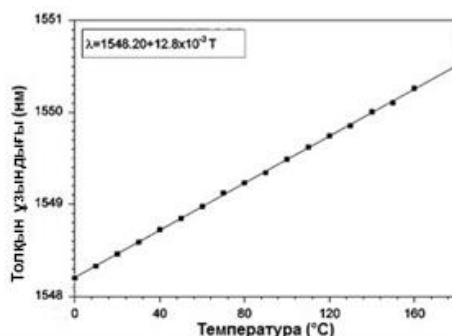
Ғылыми нәтижелерді талқылау

Брэггиялық толқын ұзындығының деформациядан шағылысуының (созылу/қысу) зерттеудің эксперименттік нәтижелері 2-суретте көрсетілген.



2 сурет – Брэгг толқынының приложысуының қолданылатын деформацияға тәуелділігі

Өрнектегі екінші термин (2) Брэгг торына температураның әсерін көрсетеді. Брэгг толқын ұзындығының мен ығысуы кварцтың температуралық кеңеюіне байланысты, бұл тор кезеңінің өзгеруіне, сондай-ақ талшықтың ПП өзгеруіне әкеледі.



Қорытынды:

Әдебиеттер

5. Видра Михал; Кисала Пиотр; Харасим Дамиан. Шырылдаған талшықты Брагг торлары бар қарапайым оптомеханикалық жүйені пайдалану арқылы әуе электр беру желісінің құлауын бағалау / <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/1/309>: 05/07/2018.
6. Қашағанова Г.Б., Қалижанова А.У. Талшықты Брэгг торлары негізіндегі дисперсиялық компенсация// ҚазҰТУ хабаршысы. – 2018. – No 2(126). – С. 147-150.
7. Cieszczyk Sławomir, Harasim Damian, Kisała Piotr, TFBG және толық оптикалық ратиометриялық сұрауға негізделген жаңа бұралу өлшеу әдісі / Журнал сенсорлары мен жетектері. – 2018. – No 272. – P. 18-22.

References

1. Freund R.M., Newton's method for unconstrained optimization, February / <https://studylib.net/doc/13620658/newton's--method--for--unconstrained--optimization>: 08.05.2018 (In Kazakh).
2. Ma Ch., Jiang L., Levenberg – Some studies on nonlinear equations by the Marquardt method / Applied mathematics and computing. – 2013. – № 184. – P 1032-1040 (In Kazakh).
3. Wright A.H., Genetic algorithms for real parameter optimization / Fundamentals of genetic algorithms. – 2014. – R 205-218 (In Kazakh).
4. Kashyap R. Fiber Bragg Gratings. – San Diego, Academic Press. – 2012 (In Kazakh).
5. Vidra Michal; Kisała Piotr; Harasim Damian. Assessment of overhead power line collapse using a simple optomechanical system with chirped fiber Bragg gratings // <https://www.mdpi.com/1424-8220/18/1/309>: 07/05/2018 (In Kazakh).
6. Kashaganova G.B., Kalizhanova A.U. Dispersion compensation based on fiber Bragg gratings// Bulletin of KazNTU. – 2018. – No. 2(126). – P. 147-150 (In Kazakh).
7. Cieszczyk Sławomir, Harasim Damian, Kisała Piotr, TFBG and a new torsion measurement method based on all-optical ratiometric interrogation.// Journal Sensors and Actuators. – 2018. – No 272. – P.18-22 (In Kazakh).

А.У. Калижанова*, С.Б. Сейдазимов, З.А. Жилкишбаева

Алматынський технологічний університет,
050012, Республіка Казахстан, г. Алматы, ул. Төле би, 100
*e-mail: zulfiya.zhilkishbayeva@mail.ru

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ И ПАРАМЕТРОВ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ СЕТОК БРЕГГА И ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕТОК

Результаты проекта имеют широкое практическое применение в различных отраслях, таких как медицинские учреждения и объекты здравоохранения, крупные промышленные предприятия, в автомобильной промышленности, пищевой, сельскохозяйственной и животноводческой промышленности, а также в промышленной технике, металлургической промышленности; нефтяной и газовой промышленности.

В фазовых интерферометрических датчиках (ФИД) на основе массивов чувствительным элементом выступает само ОВ, что ведет к значительному снижению себестоимости. Отрезок ОВ между двумя решетками представляет собой интерферометр Фабри-Перо. Под воздействием деформации и акустических колебаний меняется разность фаз сигналов от двух соседних брэгговских решеток. Интерферометрические датчики обладают наибольшей чувствительностью к изменению длины отрезка волокна под воздействием внешних факторов.

Принцип действия распределенных волоконно-оптических измерительных комплексов на основе ФИД в простейшем случае (в случае одного ФИД) показан на рисунке 3.6 и заключается в следующем [4]. Каждая из решеток Брэгга РБ1 и РБ2 датчика отражает импульс, поступающий на нее от импульсного лазера, на одной и той же длине волны Брэгга.

При этом временная задержка между отраженными импульсами равна удвоенному времени распространения света в чувствительном элементе датчика – волокне, заключенном между решетками.

Отраженные импульсы поступают в компенсирующий интерферометр (КИ), который, в свою очередь, также разделяет каждый из них. Задержка, вносимая в

распространение импульсов плечом 2 КИ по отношению к плечу 1, обеспечивает перекрытие во времени импульса, отраженного от решетки РБ1, на выходе плеча 2 и импульса, отраженного от решетки РБ2, на выходе плеча 1 и сдвиг их по фазе на $\phi_0 = \pi/2$.

Ключевые слова: Брэгговские волокна, виброакустический контроль, брэгговская решетка, деформация, резонансная волна, фазовые интерферометрические датчики.

A. Kalizhanova*, S. Seidazimov, Z. Zhilkishbaeva
Almaty Technological University,
050012, Republic of Kazakhstan, Almaty, st. Tole bi, 100
*e-mail: zulfiya.zhilkishbayeva@mail.ru

ANALYSIS OF MODELS AND PARAMETERS OF SENSORS BASED ON BREGG GRIDS AND THE INFLUENCE OF PHYSICAL PARAMETERS ON THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF GRIDS

The results of the project have a wide practical application in various industries, such as medical institutions and healthcare facilities, large industrial enterprises, in the automotive industry, food, agricultural and livestock industries, as well as in industrial technology, the metallurgical industry; oil and gas industry.

In phase interferometric sensors (PID) based on arrays, the optical element itself acts as a sensitive element, which leads to a significant reduction in cost. The OB segment between two gratings is a Fabry-Perot interferometer. Under the influence of deformation and acoustic vibrations, the phase difference of signals from two adjacent Bragg gratings changes. Interferometric sensors are most sensitive to changes in the length of a fiber segment under the influence of external factors.

The principle of operation of distributed fiber-optic measuring complexes based on PID in the simplest case (in the case of one PID) is shown in Figure 3.6 and is as follows [4]. Each of the Bragg gratings RB1 and RB2 of the sensor reflects the pulse coming to it from the pulsed laser at the same Bragg wavelength.

In this case, the time delay between the reflected pulses is equal to twice the propagation time of light in the sensitive element of the sensor – a fiber enclosed between the gratings.

The reflected pulses enter the compensating interferometer (CI), which, in turn, also bifurcates each of them. The delay introduced into the propagation of pulses by the arm 2 of the CI with respect to arm 1 ensures the overlap in time of the pulse reflected from the grating RB1 at the output of arm 2 and the pulse reflected from the grating RB2 at the output of arm 1 and their phase shift by $\phi_0 = \pi/2$.

Key words: Bragg fibers, vibroacoustic monitoring, Bragg lattice, deformation, resonant wave, phase interferometric sensors.

Авторлар туралы мәліметтер

А.У. Калижанова* – физика-математика ғылымдарының кандидаты, «Ақпараттық технологиялар» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; Алматы Технологиялық университеті, Қазақстан; *e-mail: kalizhanova_aliya@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5979-9756>

С.Б. Сейдазимов – магистр, «Ақпараттық технологиялар» кафедрасының ассистенті; Алматы Технологиялық университеті, Қазақстан; e-mail: syreken.ss@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7042-6301>

З.А. Жилкишбаева – «Ақпараттық технологиялар» кафедрасының магистранты; Алматы Технологиялық университеті, Қазақстан; e-mail: zulfiya.zhilkishbayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7042-6301>

Сведения об авторах

А.У. Калижанова* – кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор кафедры "Информационные технологии"; Алматинский технологический университет, Казахстан; e-mail: kalizhanova_aliya@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5979-9756>

С.Б. Сейдазимов – магистр, ассистент кафедры "Информационные технологии"; Алматинский технологический университет, Казахстан; e-mail: syreken.ss@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7042-6301>

З.А. Жилкишбаева – магистрант кафедры "Информационные технологии"; Алматинский технологический университет, Казахстан; e-mail: zulfiya.zhilkishbayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7042-6301>

Information about the authors

A. Kalizhanova* – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies; Almaty Technological University, Kazakhstan; *e-mail: kalizhanova.aliya@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5979-9756>

S. Seidazimov – master, assistant of the department "Information technologies"; Almaty Technological University, Kazakhstan; e-mail: syreken.ss@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7042-6301>

Z. Zhilkishbayeva – master's student of the Department of Information Technology; Almaty Technological University, Kazakhstan; e-mail: zulfiya.zhilkishbayeva@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7042-6301>

DOI: 10.53360/2788-7995-2022-1(5)-4

МРНТИ: 28.23.33

С.Т. Сулейменова¹, Н.П. Кабулов^{1*}, Ж. Мүсіріпша¹, Е.А. Оспанов^{2*}

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
010008, Республика Казахстан, г. Астана, ул. К. Сатпаева, 2

²Университет имени Шакарима города Семей,
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

*e-mail: 780ea@mail.ru

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ МАЛЫМИ ГЭС

Аннотация: Проблема обеспечения дешевой электроэнергией как промышленных предприятий, так и поселений, был и остается весьма актуальным. Более 1 миллионов человек живут в зонах децентрализованного электроснабжения. Это особенно важно для отдаленных районов южного Казахстана, где нет развитой сети ЛЭП, а население получает электроэнергию по 3-4 часа в сутки от дизель-электрической станции (ДЭС). Строительство малых гидроэлектростанций (МГЭС) может изменить условия жизни этих людей, обеспечить энергетическую безопасность регионов и способствуют развитию экономики.

В настоящее время при решении задач, связанных с реконструкцией и строительством новых малых ГЭС, необходимо применять недорогие и эффективные решения по автоматизации и дистанционному управлению работой электростанций без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Для эффективного контроля и защиты МГЭС должно быть предусмотрено относительно большое количество функциональных возможностей по сравнению с более крупными электростанциями. Стандартизованное интеллектуальное электронное устройство (ИЭУ) может обеспечить автономную работу и определить приоритетность безопасного управления водой. ИЭУ должен быть компактным и интегрированным с контролем электрических и механических элементов, включая систему подачи воды, связи, мониторинга и защиты для малых гидроэлектростанций.

Ключевые слова: малые ГЭС, гидроэнергетический потенциал, интеллектуальные сети, алгоритм работы, электроэнергетическая система, система дистанционного управления, гидротурбина, система возбуждения, синхронный генератор, моделирование.