

Профессор У.А. ТУКЕЕВТИҢ 75 жылдық мерейтойына
арналған ақпараттық технологиялар саласындағы
Халықаралық ғылыми конференция
МАТЕРИАЛДАРЫ

8 қазан 2021 жыл

МАТЕРИАЛЫ
Международной научной конференции
в области информационных технологий, посвященной
75-летию профессора У.А. ТУКЕЕВА

8 октября 2021 года

PROCEEDINGS
of the International scientific conference
in the field of Information technologies dedicated
to the 75th anniversary of professor U. TUKEYEV

8 October, 2021

Программный комитет
Председатель: Урмашев Б.А
Сопредседатели: Тукеев У.А., Мусиралиева Ш.Ж.
Секретарь: Турарбек А.Т.

Редакционная коллегия:
Мусиралиева Ш.Ж., Рахимова Д.Р., Баймулдина Н.С.

Организационный комитет:
Рахимова Д.Р., Баймулдина Н.С., Абенев Б.К., Турарбек А.Т.,
Туртаева М.Е., Турганбаева А.О., Кәрібаева А.С., Бейбітхан Е.,
Омаров Б.С., Назарбаев Д., Болатбек М.,
Самбетбаева А. К., Кожанова А.М.

Материалы Международной научной конференции в области информационных технологий, посвященной 75-летию профессора У.А. Тукеева. Алматы, 8 октября 2021 года: – Алматы: Қазақ университеті, 2021. – 149 с.

ISBN 978-601-04-5672-3

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОМ ДАТЧИКЕ С НАКЛОННОЙ РЕШЕТКОЙ БРЭГГА В ПАКЕТЕ ANSYS

Аннотация: В данной работе разработана численная трехмерная модель волоконно-оптического датчика Брэгга с наклонной решеткой Брэгга для диагностирования в композитных конструкциях в программной системе ANSYS. Разработанная модель представляет собой параллелепипед, на оси которого расположен фрагмент датчика в виде цилиндра из центрального оптического волокна. С помощью программного пакета ANSYS реализовано численное моделирование неоднородных связанных электрических упругих полей в элементах фрагмента датчика, внедренного в деформированный композитный материал, с учетом действия управляющего напряжения на электродах датчика. Также рассчитаны численные значения управляющих коэффициентов датчика, необходимых для диагностирования компонент деформаций на макро и микроуровнях композита.

Ключевые слова. Волоконно-оптический датчик, модель, волоконная решетка Брэгга

Введение. Современные высокоточные датчики на основе интеллектуальных материалов необходимы для мониторинга деформации, возникновения и развития дефектов в элементах композитных конструкций. В качестве основного элемента используется оптическое волокно, которое широко применяется в волоконно-оптических датчиках. Оптическое волокно может использоваться в качестве линии передачи сигнала и/или чувствительного элемента, в виде участка оптического волокна с дифракционной решеткой Брэгга [1,2,3]. В работе [4] исследовано методом конечных элементов в электротермомеханическом поведении радиально поляризованной полый пьезоэлектрической сферы для различных случаев термосилового нагружения. В [5] рассмотрено применение метода граничных элементов для расчета эффективных электроупругих свойств трансверсально-изотропного пьезоэлектрика с осью поляризации, лежащей в плоскости пластины. В работе [6] проведен расчет в пакете ANSYS (универсальная программная система конечно-элементного (МКЭ) анализа) эффективных электроупругих свойств композита с кубической элементарной ячейкой. В статье [7] проведено численное моделирование свойств и электроупругих полей в пьезоэлектрических композитных материалах с совокупностью трансформированных элементов. В работе [8] исследовано в пакете ANSYS влияние пьезоэлектрических и пьромагнитных эффектов на функционирование магнитоэлектроупругого датчика В работе [9] представлено численное моделирование полей тока и температуры алюминиевых ячеек восстановления датчика на базе ANSYS. Волоконно-оптические датчики деформации (ВОДД) на основе волоконных решеток Брэгга (ВРБ) в настоящее время считаются одними из наиболее перспективных чувствительных элементов для измерения деформации [10]. Эти элементы, по сравнению с другими датчиками, более компактны, не требуют отдельного питания и позволяют записывать несколько датчиков в одно волокно. Отсутствие чувствительности к электромагнитным воздействиям позволяет использовать волоконно-оптические датчики в условиях, когда другие типы чувствительных элементов неприменимы [11]. Отличительные особенности конструкции волоконно-оптических датчиков и их небольшие размеры позволяют встраивать датчики в материалы, технологии изготовления которых связаны с переходом от жидкой фазы к твердой, а также в материалы, изготовленные аддитивными или порошковыми технологиями. Основным ограничением при встраивании такого датчика в материал является температура технологического процесса, которая не должна приводить к потере работоспособности волоконно-оптического датчика. К таким материалам, прежде всего, относятся полимерные композиционные материалы (ПКМ). Ввиду множества факторов, определяющих механическое поведение ПКМ, внедрение волоконно-оптических датчиков деформации в материал открывает новые возможности для мониторинга состояния конструкции, изготовленной из этих материалов, как на стадии производства, так и на стадии эксплуатации. В [12] описывается интеллектуальная пластина из композитного материала с тремя датчиками ВРБ, которые встраивались в пластину на этапе изготовления. На основе таких плит, устанавливаемых в корпус корабля в местах

приложения высоких нагрузок, создается сенсорная сеть, обеспечивающая прогноз разрушения конструкции.

Методика исследования. В 2021 году в Институте информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, был разработан волоконно-оптический датчик с наклонной решеткой Брэгга. Новизной данного датчика, является то, что он значительно упрощает систему измерения показателя преломления среды, а также не требует использования спектрофотометров и анализаторов оптического спектра и не требует использования алгоритмов анализа оптического спектра. Важной особенностью полезной модели является независимость измерений от влияния температуры наружного воздуха и электромагнитного поля в месте измерения, что достигается в результате того, что решетки записаны на одном и том же многомодовом волокне. Применение волоконно-оптического датчика также устраняет проблему колебаний мощности источников света, которая достигается за счет того, что мерой показателя преломления является отношение мощности, измеряемое двумя фотоприемниками [13].

Работа предлагаемого датчика осуществляется следующим образом. Волоконно-оптический датчик состоит из широкополосного источника 1 света, соединенного через многомодовое оптическое волокно 2 с наклонной решеткой Брэгга 3, который соединен со специальной металлической диафрагмой 4, которая деформируясь отклоняет кантилевер 5. При отклонении кантилевера повышается чувствительность к температуре, давлению и изгибу. Посредством многомодового оптического соединителя 6 с двумя оптическими циркуляторами 7 и 9. Первый выход оптического соединителя 6 соединен с помощью многомодового оптического волокна 2 с первым оптическим циркулятором 7, к которому он подключен с помощью многомодового оптического волокна 2, где первая решетка Брэгга 8 с линейно переменным периодом соединена через первый оптический циркулятор 7 с многомодовым оптическим волокном 2 с первым фотоприемником 11. В отличие от этого, второй выход оптического соединителя 6 соединен через многоволоконное оптическое волокно 2 со вторым оптическим циркулятором 9, который с помощью многомодового волокна 2 соединен со второй сеткой Брэгга с линейно переменным периодом 10, который дополнительно соединен через второй оптический циркулятор 9 с помощью многомодового оптического волокна 2 со вторым фотоприемником 12.

Два фотоприемника 11 и 12 соединены к микроконтроллеру 13. Схема волоконно-оптического датчика представлена на рисунке 1.

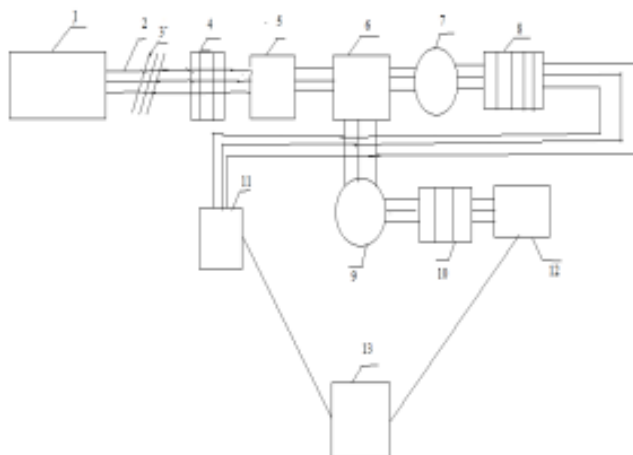


Рисунок 1. Волоконно-оптический датчик с наклонной решеткой Брэгга

Оригинальностью волоконно-оптического датчика, является, что он состоит из широкополосного источника света, соединенного через многомодовое оптическое волокно с наклонной решеткой Брэгга, соединенной со специальной металлической диафрагмой, которая деформируясь отклоняет кантилевер. При отклонении кантилевера повышается чувствительность к температуре, давлению и изгибу.

Преимущество предлагаемого датчика является упрощенная конструкция, снижение себестоимости и расширение отрасли применения [13].

На рисунке 2 показан волоконно-оптический датчик для контроля состояния инженерных и строительных конструкций.



Рисунок 2. Волоконно-оптический датчик для контроля состояния инженерных и строительных конструкций
а) натурная модель; б) внутренность датчика

Разработанный волоконно-оптический датчик для контроля состояния инженерных и строительных конструкций состоит из:

- Источник питания переменного / постоянного тока с разъемом 230-240В
- Входной световой разъем
- Соединитель головки волоконного датчика
- Оптический циркулятор
- Оптический фильтр, настроенный на свойства датчика, покрытый трубкой из нержавеющей стали
- Волоконные соединители, обеспечивающие съемность фильтра
- Фотоприемник с регулируемым усилением
- Разъем выходного напряжения

Таблица 1

Технические характеристики волоконно-оптического датчика для контроля состояния инженерных и строительных конструкций

Параметры	Значение
Входная мощность света	не более 10 мВт
Рабочая длина волны	1520-1570 нм
Волоконные разъемы	FC / APC, площадь контакта под углом 7° защищает от обратных отражений
Оптические волокна	одномодовое и многомодовое волокно SMF-28
Оптический фильтрующий материал	фоточувствительное волокно THORLABS GF1.
Выходное напряжение	от 0 до 10 В постоянного тока
Разъем выходного напряжения	BNC
Входное напряжение	230-240 В переменного тока

Численное моделирование. Численное трехмерное моделирование взаимодействия и распределения неоднородных связанных электроупругих полей в элементах фрагмента датчика, внедренного в деформированный композитный объем волокнистого стеклопластика, с учетом действия управляющего напряжения на электродах проведено с использованием в программной системе конечно-элементного анализа ANSYS. ANSYS позволяет рассчитать перемещения, деформации, напряжения, внутренние усилия, возникающие в теле под действием статической нагрузки. Параметры конечно-элементной модели и физическо-технические данные заданы соответственно. Для расчета численной модели ввели геометрические параметры датчика: радиусы концентрических цилиндрических поверхностей $r_{(1)} = 0,85$ мм, $r_{(2)} = 1$ мм, $r_{(3)} = 1,2$ мм, $r_{(4)} = 2,5$ мм.

На рисунке 3 показано влияние краевых эффектов и где расположены контрольные точки для снятия потенциалов.

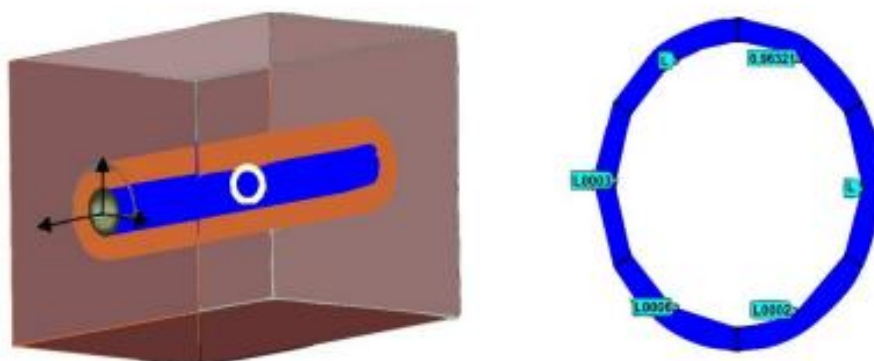


Рисунок 3. Влияние краевых эффектов и контрольные точки для снятия потенциалов

На рисунке 4 показан случай для заданного продольного сдвига поля напряжений, который иллюстрируют как наличие краевых эффектов вблизи торцов датчика и граней параллелепипеда, так и однородность напряжений в центральной области,

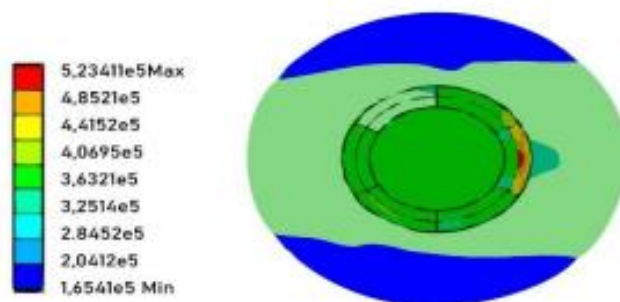


Рисунок 4. Расчет для заданного продольного сдвига

На рисунке 5 показана продольное и поперечное распределения напряжения по координатным осям, проходящим через центральную точку рассматриваемого фрагмента датчика. также изображено деформированное положение продольной оси и торцевых сечений фрагмента датчика.

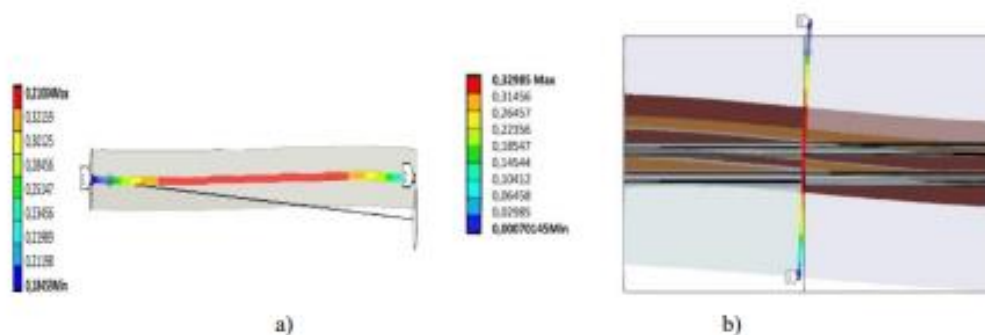


Рисунок 5. а) Поперечное распределения напряжения;
б) Продольное распределения напряжения

На рисунке 6 показана деформированное продольное сечение расчетной области с фрагментом датчика. Краевые эффекты обусловлены ограниченностью рассматриваемого «представительного объема» в виде параллелепипеда.

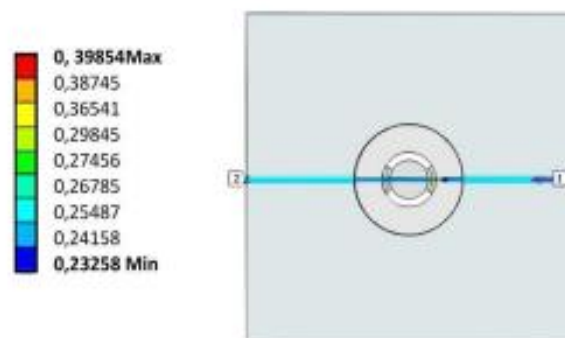


Рисунок 6. Деформированное продольное сечение расчетной области с фрагментом датчика

Заключение. В данной работе разработана численная трехмерная модель волоконно-оптического датчика с наклонной решеткой Брэгга для диагностирования объемного напряженно-деформированного состояния в композитных конструкциях в программной системе конечно-элементного анализа ANSYS. Получена визуализация картины распространения механических напряжений и деформаций, с точным отображением распределения напряжения в каждой точке компьютерной модели. Реализовано численное моделирование неоднородных связанных электрорупругих полей в элементах фрагмента датчика, внедренного в деформированный композитный объем волокнистого стеклопластика, с учетом действия управляющего напряжения на электродах датчика. Исследования проводились в рамках проекта ГФ №AP09259547 «Разработка системы из распределенных волоконно-оптических датчиков на основе волоконных решеток Брэгга для контроля состояния строительных конструкций» ИИВТ КН МОН РК.

Список использованных источников

1. Guemes A., Fernandez-Lopez A., Soller B. Optical fiber distributed sensing – physical principles and applications // *Structural Health Monitoring*. – 2010. – Vol. 9. – No. 3. – P. 233–245.
2. Suresh R., Tjin S.C., Hao J. Fiber Bragg Grating // *Smart Materials in Structural Health Monitoring, Control and Biomechanics*. – Berlin; Heidelberg, Springer, 2012. – P. 413–439.
3. Prabhugoud M., Peters K. Efficient simulation of Bragg grating sensors for implementation to damage identification in composites // *Smart Materials & Structures*. – 2003. – Vol. 12. – No. 6. – P. 914–924.
4. Finite Element Analysis of Functionally Graded Piezoelectric Spheres / A. Ghorbanpour Arani, R. Kolahchi, A.A. Mosalaei Barzoki, A. Loghman, F. Ebrahimi // *Finite Element Analysis – Applications in Mechanical Engineering*. Ed. by Farzad Ebrahimi. – InTech, 2012. – P. 380.
5. Numerical determination of effective properties of voided piezoelectric materials using BNM / H. Wang, G. Tan, S. Cen, Z. Yao // *Engineering Analysis with Boundary Elements*. – 2005. – Vol. 29. – P. 636–646.
6. Li Z.H., Wang C., Chen C.Y. Effective electromechanical properties of transversely isotropic piezoelectric ceramics with microvoids // *Comput. Mater. Sci.* – 2003. – Vol. 27. – No. 3. – P. 381–392
7. Bishay P.L., Dong L., Atluri S.N. Multi-physics computational grains (MPCGs) for direct numerical simulation (DNS) of piezoelectric composite/porous materials and structures // *Computational Mechanics*. – 2014. – Vol. 54. – No. 5. – P. 1129–1139.
8. Kondaiah P., Shankar K., Ganesan N. Pyroeffects on multiphase magneto-electro-elastic sensor patch bonded on mild steel plate // *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems*. – 2014. – Vol. 7. – No. 3. – P. 1134–1155.
9. LI Jie, Cheng Y J, LAI Y Q, ZHOU N J. Numerical simulation of current and temperature fields of aluminum reduction cells based on ANSYS [J]. *Chinese Journal of Computation Physics*, 2003, 20(7): 351–355.
10. Campanella C., Cuccovillo A., Campanella, C., Yurt, A., Passaro V. Fibre Bragg Grating Based Strain Sensors: Review of Technology and Applications. *Sensors* 2018. – Vol. 18. – P. 3115.
11. Sahota J.K., Gupta N., Dhawan D. Fiber Bragg grating sensors for monitoring of physical parameters: A comprehensive review. *Opt. Eng.* 2020. – Vol. 59. – P. 31–39.
12. Novo, C.; Costa, A.; Sousa, M.; Marques, A.; Frazao, O.; Dias, I. Health Monitoring of a Large Composite Structure. Available online: <http://www.escm.eu.org/docs/eccm/A054.pdf> (accessed on 1 June 2021).
13. Калижанова А.У., Кунелбаев М.М., Козбакова А.Х. Волоконно-оптический датчик для контроля состояния инженерных и строительных конструкций. Патент №6224 от (21) 2021/0303.2, (22) 29.03.2021, (45) 01.04.2022.

Содержание

К 75-летию профессора, д.т.н., почетного академика НАН РК, академика МАИИ, академика НАН ВШ РК У.А. Тукеева	3
Қамет А., Тукеев У. Қазақша интеллектуалды цифрлы пернетақтасын зерттеу және жасау	4
Тукеев У., Габдуллина Н., Карипбаева Н. Табиғи тілдерді өңдеуде қолданылатын өзбек тілінің лингвистикалық ресурстарын әзірлеу	11
Калижанова А.У., Кунелбаев М., Козбакова А.Х., Айтқұлов Ж.С., Черикбаева Л.Ш., Оразбеков Ж. Трёхмерное моделирование в волоконно-оптическом датчике с наклонной решеткой Брэгга в пакете ANSYS	18
Мансурова М. Е., Түлепбердинова Г.А., Сулеймен О.Д. Жасөспірімдердің денсаулық жағдайын бағалау мақсатында қолданылатын ақпаратты-аналитикалық жүйелерді талдау	23
Мухаев Д.К., Байрбекова Г.С., Мазакова А.Т., Әлиасқар М.С. Выявление угроз и уязвимостей нарушения информационной безопасности	29
Туртаева М., Тукеев У. Ежелгі қыпшақ тілінің жалғауларының толық жиынтығы мен морфологиялық моделі	33
Джусупбекова Г.Т., Ордабаева Г.К. Желілік қауіпсіздік сынақтарын Eve-ng платформасында ұйымдастыру	36
Баймұдина Н.С., Байшоланова К.С., Байтенова С.А., Максұтова Б.А., Жомартов М.А. Современные технологии защиты корпоративных сетей	42
Рахимова Д., Сағат К., Жақыпбаева К. Ағылшын-қазақ, орыс-қазақ машиналық аудармасын постредакциялаудың нейрондық машиналық аударма бағдарламаларын таңдау және қолдану	47
Алимжанова Л.М., Тұрсынхан А.М. Заманауи деректер қорын басқару жүйелері	51
Алғазы К., Сақан Қ., Қапалова Н., Дюсенбаев Д. HAS03 хеш алгоритмін құру және зерттеу	55
Утепбергенов И.Т., Нургулжанова А. Подход к построению интеллектуальной системы оперативного управления использованием вагонов для транспортных компаний Казахстана	62
Нуржанов Ч.А., Найзабаева Л.К., Мазакөв Т.Ж. Большие данные в области эконоинформатики (обзор)	66
Буқенова И.Н., Балгабаева Л.Ш., Буқенов Г.С. Распознавание прихозэмоционального состояния наблюдаемых: анализ видеонаблюдения	71
Osmanov Zh.Zh., Gorlov L.V., Ibrayev R.B., Kiyashko I.V., Itemirov R.S. Overview of typical attacks on cryptographic protocols for exchanging key data	75
Кундиль А.Н., Бедельбаев А. А., Орозобекова А. К. Анализ механизма управления эмоциональной окраской текста	79
Горлов Л.В., Ибраев Р.Б., Османов Ж.Ж., Итемиров Р.С., Кияшко И.В. О свойствах линейного преобразования алгоритма шифрования Qalqan	83
Мамырбаев О.Ж., Оралбекова Д.О., Отсман М., Тулендиев Д.М., Жумажанов Б., Турдалықызы Т. Исследование интегральной модели на основе внимания для автоматического распознавания казахской речи	86
Naizabayeva L., Turken G. The automation of production enterpriseand its effectiveness analysis	90
Бейбітхан Е., Ақылбекқызы Г., Исмайлөв Е.Е., Жексенбаева А.Ж., Ысмағұл М.С. Қазақ тіліндегі дауысты танудың ақпараттық жүйесін жетілдіру	94

Содержание

К 75-летию профессора, д.т.н., почетного академика НАН РК, академика МАИИ, академика НАН ВШ РК У.А. Тукеева	3
Қамет А., Тукеев У. Қазақша интеллектуалды цифрлы пернетақтасын зерттеу және жасау	4
Тукеев У., Габдуллина Н., Карипбаева Н. Табиғи тілдерді өңдеуде қолданылатын өзбек тілінің лингвистикалық ресурстарын әзірлеу	11
Калижанова А.У., Кунелбаев М., Козбакова А.Х., Айтқұлов Ж.С., Черикбаева Л.Ш., Оразбеков Ж. Трёхмерное моделирование в волоконно-оптическом датчике с наклонной решеткой Брэгга в пакете ANSYS	18
Мансурова М. Е., Тюленбердинова Г.А., Сулеймен О.Д. Жасөспірімдердің денсаулық жағдайын бағалау мақсатында қолданылатын ақпаратты-аналитикалық жүйелерді талдау	23
Мухаев Д.К., Байрбекова Г.С., Мазаква А.Т., Әлінасқар М.С. Выявление угроз и уязвимостей нарушения информационной безопасности	29
Туртаева М., Тукеев У. Ежелгі қыпшақ тілінің жалғауларының толық жиынтығы мен морфологиялық моделі	33
Джусупбекова Г.Т., Ордабаева Г.К. Желілік қауіпсіздік сынақтарын Eve-ng платформасында ұйымдастыру	36
Баймұддина Н.С., Байшоланова К.С., Байтенова С.А., Максұтова Б.А., Жомартов М.А. Современные технологии защиты корпоративных сетей	42
Рахимова Д., Сағат К., Жақыпбаева К. Ағылшын-қазақ, орыс-қазақ машиналық аудармасын постредакциялаудың нейрондық машиналық аударма бағдарламаларын таңдау және қолдану	47
Алимжанова Л.М., Тұрсынхан А.М. Заманауи деректер қорын басқару жүйелері	51
Алғазы К., Сақан Қ., Қапалова Н., Дюсенбаев Д. HAS03 хеш алгоритмін құру және зерттеу	55
Утепбергенов И.Т., Нургулжанова А. Подход к построению интеллектуальной системы оперативного управления использованием вагонов для транспортных компаний Казахстана	62
Нуржанов Ч.А., Найзабаева Л.К., Мазаква Т.Ж. Большие данные в области экиноформатики (обзор)	66
Букенова И.Н., Балгабаева Л.Ш., Букенов Г.С. Распознавание прихоемоционального состояния наблюдаемых: анализ видеонаблюдения	71
Ospanov Zh.Zh., Gorlov L.V., Ibrayev R.B., Kiyashko I.V., Itemirov R.S. Overview of typical attacks on cryptographic protocols for exchanging key data	75
Кундиль А.Н., Бедельбаев А. А., Орозобекова А. К. Анализ механизма управления эмоциональной окраской текста	79
Горлов Л.В., Ибраев Р.Б., Оспанов Ж.Ж., Итемиров Р.С., Кияшко И.В. О свойствах линейного преобразования алгоритма шифрования Qalqan	83
Мамырбаев О.Ж., Оралбекова Д.О., Отсман М., Тулендиев Д.М., Жумажанов Б., Турдалықызы Т. Исследование интегральной модели на основе внимания для автоматического распознавания казахской речи	86
Naizabayeva L., Turken G. The automation of production enterprises and its effectiveness analysis	90
Бейбітхан Е., Ақылбекқызы Г., Исмайлов Е.Е., Жексенбаева А.Ж., Ысмағұл М.С. Қазақ тіліндегі дауысты танудың ақпараттық жүйесін жетілдіру	94