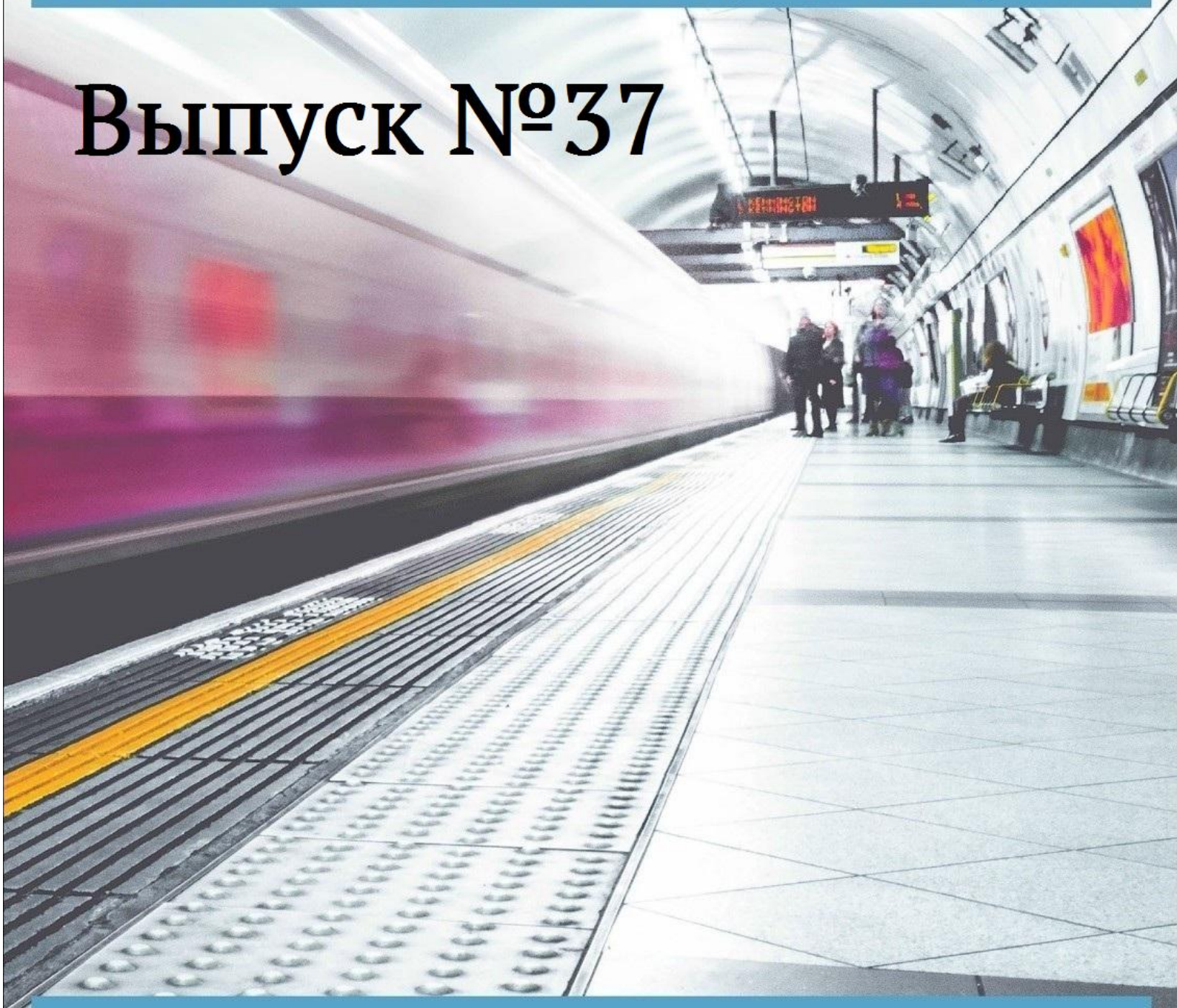
ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

Публикации для студентов, молодых ученых и научно-преподавательского состава на www.t-nauka.ru

ISSN 2500-1132 Издательский дом "Плутон" www.idpluton.ru



Выпуск №37

КЕМЕРОВО 2019

28 января 2019 г.
ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431
ISSN 2500-1132
УДК 378.001
Кемерово
Журнал выпускается ежемесячно, публикует статьи по естественным наукам. Подробнее на www.t-nauka.ru
За точность приведенных сведений и содержание данных, не подлежащих открытой публикации, несут ответственность авторы.
Редкол.:
Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала
Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей
Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей
Зимина Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей
Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инжинерно-строительный институт (НамМПИ)
Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И .Платова,
Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении
Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета
Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими
Крутякова Маргарита Викторовна – доцент, кандидат технических наук, Московский политехнический университет
Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища
Моногаров Сергей Иванович - кандидат технических наук доцент Армавирского механико-технологического института (филиал) ФГОУ ВО КубГТУ
Шевченко Сергей Николаевич - кандидат технических наук, доцент кафедры СЭУ, Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота РФ
Отакулов Салим - Доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики Джизакского политехнического института
А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Естественнонаучный журнал «Точная наука», входящий в состав «Издательского дома «Плутон», был создан с целью популяризации естественных наук. Мы рады приветствовать студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников. Надеемся подарить Вам множество полезной информации, вдохновить на новые научные исследования.
Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru
Подписано в печать 28.01.2019 г. Формат 14,8×21 1/4. | Усл. печ. л. 2.2. | Тираж 500.
Все статьи проходят рецензирование (экспертную оценку).
Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.
Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации.
Редакция не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.
При использовании и заимствовании материалов ссылка обязательна.

Содержание

1. МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В АВТОМАТИЧЕСКОЙ ШВАРТОВНОЙ ЛЕБЕДКЕ……...…….……...….….2
Чугаев С.А., Гончарова О.Н.
2. МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ……..……...……..6
Чугаев С.А., Гончарова О.Н., Доровской В.А.
3. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРИБЫЛЬНОСТИ ТОРГОВОЙ ТОЧКИ…….…..11
Пересунько П.В., Сорока Е.О., Виденин С.А.
4. АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ КОДОВ МЕТОДА БРЕНТА ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ УНИМОДАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ……..…….……...……....16
Коднянко В.А.
5. ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ПОЖАРОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ……..…….……...……....19
Громовой Д.А.
6. THE ROLE OF ABU RAYHAN BIRUNI IN MATHEMATICS AND ASTRONOMY ……...……....23
Абдураззаков А.А.

Чугаев Сергей Александрович
Chugaev Sergei Aleksandrovich
Магистр ФГБОУ ВО КГМТУ
E-mail: mr.serega211@mail.ru

Гончарова Ольга Николаевна
Goncharova Olga Nikolaevna
Магистр ФГБОУ ВО КГМТУ

УДК 629.123

МЕТОДЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В АВТОМАТИЧЕСКОЙ ШВАРТОВНОЙ ЛЕБЕДКЕ

METHODS OF APPLICATION OF STRAIN GAUGE SENSORS IN AN AUTOMATIC MOORING WINCH

Аннотация. Швартовное устройство представляет собой комплекс механизмов, который предназначен для удержания установленного номинального натяжения швартовного каната, когда судно пришвартовано к береговым и плавучим причальным сооружениям. Для поддержания должного значения силы натяжения швартовного троса в соответствии с установленным стандартом, требуется проведение соответствующих мероприятий, целью которых, является улучшение качества и удержания установленного натяжения троса. Данное требование может быть достигнуто за счет использования соответствующих технологических решений на стадии испытаний и усовершенствования швартовного оборудования, а также применение более точных и надежных датчиков натяжения троса. Для выбора методов исследований был осуществлён сбор экспериментальных данных на судах проводящих швартовные операции в порту, которые включали: измерение параметров работы автоматической швартовной лебедки, оценка качества работы и точность показаний. На натяжение швартовного троса влияет множество внешних факторов, из-за чего усилие на швартовном тросе изменяется в широких приделах, поэтому для точного измерения силы натяжения троса подходят тензометрические датчики, так как они способны обеспечить максимальную точность измерения усилия натяжения тросапри изменений тягового усилия в широких приделах. Стоимость датчиков такого типа соотносится с их качеством и надежностью.

Annotation. The mooring device is a set of mechanisms that is designed to hold the established nominal tension of the mooring rope when the ship is moored to the shore and floating mooring facilities. To maintain the proper value of the tension force of the mooring cable in accordance with the established standard, appropriate measures are required, the purpose of which is to improve the quality and retention of the established tension of the cable. This requirement can be achieved through the use of appropriate technological solutions at the stage of testing and improvement of mooring equipment, as well as the use of more accurate and reliable cable tension sensors. To select the research methods, experimental data were collected on ships conducting mooring operations in the port, which included: measurement of the parameters of the automatic mooring winch, evaluation of the quality of work and accuracy of the readings. The tension of the mooring cable is influenced by many external factors, which is why the force on the mooring cable varies in wide aisles, so strain gauges are suitable for accurate measurement of the tension force of the cable, since they are able to provide maximum accuracy of measuring the tension force of the rope with changes in the traction force in wide aisles. The cost of sensors of this type is related to their quality and reliability.

Ключевые слова: швартовное устройство, тензометрический датчик, швартовный канат, тяговое усилие, деформация.

Keywords: mooring device, strain gauge, mooring rope, pulling force, deformation.

Актуальность исследований. Анализ существующих исследований. Постановка проблемы. Швартовное устройство представляет собой комплекс механизмов, который предназначен для удержания установленного номинального натяжения швартовного каната, когда судно пришвартовано к береговым и плавучим причальным сооружениям. При проведении грузовых операций, при различных погодных условиях швартовное устройство должноподдерживать натяжение швартовного каната перед барабаном лебедки в заранее установленных пределах.

Для регулировки натяжения швартовного каната применяют различные датчики, они могут быть электрические, механические и электромеханические. В данной статье будет рассмотрено применение электромеханического тензометрического датчика в автоматической швартовной лебедке для регулирования натяжения швартовного каната.

Постановка проблемы. В настоящее время подхода к определению критерия оптимизации швартовного режима, который позволил бы установить общую программу действия АШЛ для каждых конкретных условий швартовки, поэтому общепринятым принципом автоматизации швартовных лебедок является стабилизация натяжения швартовных тросов на заданном уровне.

Находясь под действием внешних факторов, лебедка либо стравливает трос при увеличении усилия на канате, либо подбирает слабину при уменьшении его натяжения. Особенностью лебедки, как системы автоматического регулирования, является то, что натяжение швартовного каната для нее это одновременно и возмущающим фактор, и регулируемым параметр.

Внешними факторами, влияющими на силу натяжения швартовных канатов, могут быть не только силы ветра, течения, волновые воздействия, явления приливов и отливов. Изменение силы натяжения совершается и при нормальном цикле погрузочно-разгрузочных операций. Каждый из этих факторов требует постоянного наблюдения, поэтому применение автоматической швартовой лебедки чувствительными датчиками натяжения троса позволяет уменьшить трудозатраты на ведение швартовного режима.

Цель и задачи исследований. Для поддержания должного значения силы натяжения швартовного троса в соответствии с установленным стандартом, требуется проведение соответствующих мероприятий, целью которых, является улучшение качества и удержания установленного натяжения троса. Данное требование может быть достигнуто за счет использования соответствующих технологических решений на стадии испытаний и усовершенствования швартовного оборудования, а также применение более точных и надежных датчиков натяжения троса.

Методы и материалы исследований. Для выбора методов исследований был осуществлён сбор экспериментальных данных на судах проводящих швартовные операции в порту, которые включали: измерение параметров натяжения швартового каната, оценка качества работы автоматической швартовной лебедки и точность показаний.

Результаты исследований. Все множество автоматических швартовных лебедок, используемых на судах по принципу измерения усилия в швартовном канате, можно разделить на две основные системы, первая система с датчиком натяжения, а вторая система без датчика натяжения. Вид применяемой измерительной системы полностью определяет характер работы электропривода швартовного механизма.

На судне в качестве швартовного троса использую плетеные канаты из нитей растительных и искусственных волокон, а также тросы из стальных проволок.

Эксплуатационные качества швартовные тросы и канаты определяются физико-механическими характеристиками. Главными качествами швартовного каната являются прочность, гибкость и эластичность.

Способность выдерживать нагрузку растяжения швартовного каната называют прочностью. Различают два вида прочности рабочую и разрывную. Рабочей прочностью является наибольшая нагрузка, при которой швартовный канат способен сохранять свои физико-механические характеристики без нарушения целостности троса. Значение рабочей прочности определяется формулой:

$$P = \frac{R}{k},$$

где R – разрывное усилие, Н;

k – коэффициент прочности (для большинства судовых тросов он равен 6).

Разрывная прочность определяется наименьшим разрывным усилием необходимым для разрушения швартовного каната. Разрывное усилие можно вычислить для растительных и синтетических канатов по формуле:

$$R = f \cdot C^2,$$

для стальных тросов по формуле

$$R = f \cdot d_T^2,$$

где f – эмпирический коэффициент;
С — длина окружности сечения троса, мм;
d — диаметр троса, мм.
На рисунке 1 изображена конструкция тензодатчика натяжения троса.

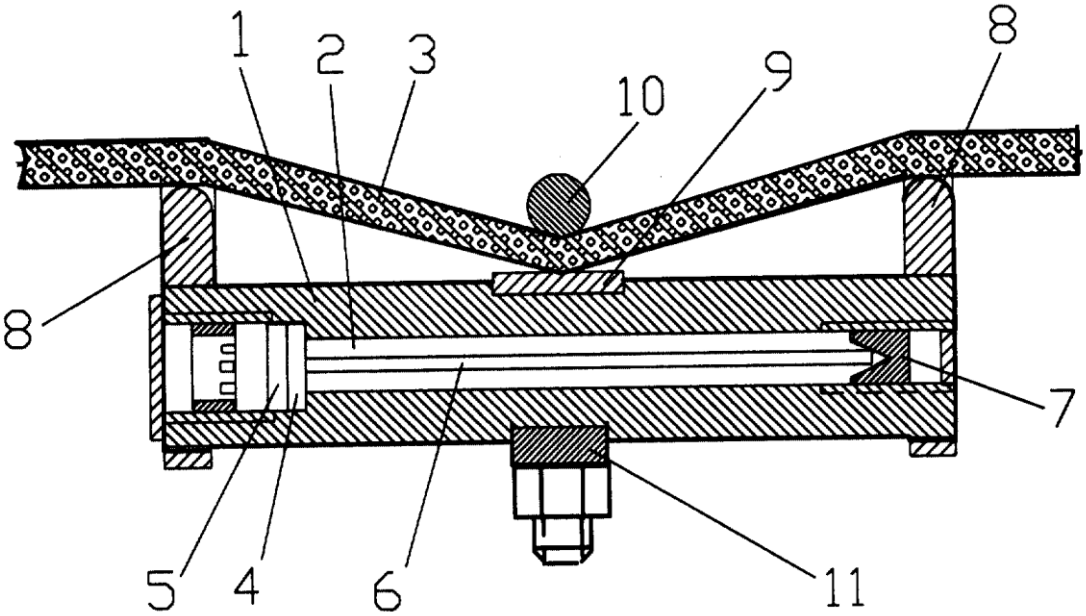


Рисунок 1 – Конструкция тензодатчика натяжения троса

Датчик выполнен в виде тензобалки, содержит упругий элемент 1 с внутренней цилиндрической полостью 2, гибкий орган 3, мембрану 4 с преобразователем механической величины в электрическую 5, жесткую консольную балку 6, упор 7. Прижимно-прогибочное устройство включает в себя две стойки с вырезами овальной формы 8 для укладки гибкого органа 3, ложемент 9, скобу 10, пластину 11, цилиндрическая полость 2 упругого элемента с торцов герметично закрыта для защиты от механических воздействий и окружающей среды.

На рисунке 2 показан принцип работы тензодатчика.

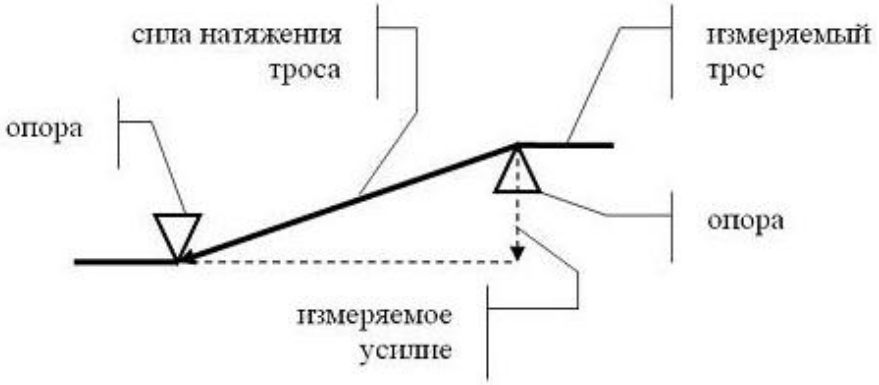


Рисунок 2 – Принцип работы тензодатчика

При натяжении троса опора тензобалки подвергается деформированию и преобразует полученное измеряемое усилие в электрический сигнал, который поступает на управляемый орган и включает двигатель для установления номинального натяжения швартовного каната. Это обеспечивает максимальную точность измерения показателя усилия. Основным условием срабатывания тензодатчика является натяжение или ослабление троса за счет воздействия внешних факторов.

Особенностью тензометрических датчиков натяжения троса является их способность работать в условиях экстремальной нагрузки, сохраняя при этом максимальную точности работы.

Механические упоры на датчике обеспечивают надежную защиту от перегрузок. Высокой точности измерений можно достигнуть за счет использования схемы моста из нескольких таких датчиков.

Обсуждение результатов исследований. В России большинство современных тензометрических датчиков натяжения троса изготавливают из легированной стали. На их поверхность нанесено никелированное покрытие, что гарантирует им защиту от воздействия окружающей среды. Этим датчикам присваивается высокий класс защиты IP-67. Данный тип тензодатчиков способен работать с тяговым усилием 50 кН, что соответствует работе в схемах АШЛ с малым и средним тяговым усилием.

Тензометрические датчики натяжения троса относятся к классу высокой и средней стоимости, разница между ними в запасе прочности самого датчика, поэтому лучшим вариантом будет покупка датчиков среднего класса стоимости, где соотношение цены и качества приемлемы.

Вывод. На натяжение швартовного троса влияет множество внешних факторов, из-за чего усилие на швартовном тросе изменяется в широких приделах, поэтому для точного измерения силы натяжения троса подходят тензометрические датчики, так как они способны обеспечить максимальную точность измерения усилия натяжения тросапри изменений тягового усилия в широких приделах. Стоимость датчиков такого типа соотносится с их качеством и надежностью.

Благодарности. За оказание помощи в подготовки и проведения материалов исследований авторы выражают благодарность зав.кафедрой ЭСИАП кандидату технических наук, доценту Чёрному С.Г., доктору технических наук, профессору Доровскому В.А. и аспиранту А.А. Масленникову.

Библиографический список:

1. Шарапова В.М. Мир электроники / В.М.Шарапова, Е.С.Полищук, Г.Г.Ишанин, И.Г.Миниев, А.С.Совлуков – Москва, РИЦ «Техносфера», 2012 г – 58 с.

2. Автоматические швартовые лебедки [Электронный ресурс] – Режим доступа http://www.studfiles.ru. – (Дата обращения 8.10.2018).

3. Зуев В.Н. Датчик натяжения гибкого органа [Электронный ресурс] – Режим доступа http://www.findpatent.ru. – (Дата обращения 8.10.2018)

Чугаев Сергей Александрович
Chugaev Sergei Aleksandrovich
Магистр ФГБОУ ВО КГМТУ
E-mail: mr.serega211@mail.ru

Гончарова Ольга Николаевна
Goncharova Olga Nikolaevna
Магистр ФГБОУ ВО КГМТУ

Доровской Владимир Алексеевич
Dorovskoy Vladimir Alekseyevich
Доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО КГМТУ

УДК 621.315

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

POWER QUALITY IMPROVEMENT METHODS OF SHIP'S ELECTRIC POWER SYSTEMS

Аннотация. Судовая электроэнергетическая система состоит из устройств для производства, передачи и распределения электрической энергии, а также ее потребителей. Для поддержания качества электроэнергии в соответствии со стандартами судостроения, требуется проведение соответствующих мероприятий целью которых, является улучшение качества электроэнергии. Данное требование может быть достигнуто за счет использования соответствующих технологических решений на стадии строительства судна и повышения квалификации рабочего персонала на стадии эксплуатации судна. Для выбора методов исследований был осуществлён сбор экспериментальных данных на судах ведущих промысел, который включал: измерение параметров работы судовой электроэнергетической системы, оценка качества работы судовых потребителей и точность показаний измерительных электроприборов системы управления. В результате исследований проведен анализ существующих методов повышения качества электроэнергии судовых электроэнергетических систем и установлено, что необходимым условием активного контроля качества электроэнергии является непрерывное получение измерительной информации, которая может быть получена с помощью соответствующих приборов анализа качества электроэнергии.

Annotation. Ship power system consists of devices for the generation, transmission and distribution of electric power, as well as its consumers. To maintain the quality of electricity supply in accordance with the standards of shipbuilding, requiring relevant activities aimed at improving the quality of electricity, which can be achieved through the use of relevant technological solutions on ship under construction and improving the qualifications of personnel working at the stage of operation of the vessel. To select the research methods, experimental data were collected on the vessels of the leading fisheries, which included: measurement of the parameters of the ship's electric power system, assessment of the quality of the ship's consumers and the accuracy of the readings of the control system's measuring electrical devices. As a result of research the analysis of existing methods to improve power quality of ship electric power systems and found that a prerequisite for active control of power quality is continuous measurement information, which is receiving can be obtained by using the appropriate instruments power quality analysis.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, качество электроэнергии, фильтры, гармоники.

Keywords: power system, power quality, harmonic filters.

Актуальность исследований. Анализ существующих исследований. Постановка проблемы. Судовая электроэнергетическая система состоит из устройств для производства, передачи и распределения электрической энергии, а также ее потребителей. Основные компоненты судовой электроэнергетической системы являются источники электроэнергии, главный и аварийный распределительные щиты, линии электропередач и судовые потребители[1]. Источниками

электроэнергии на судне являются дизель-генераторы, валогенераторы, турбогенераторы и т.д. Главный распределительный щит (ГРЩ) на борту судна является центральным узлом электроэнергетической системы. Аварийный распределительный щит (АРЩ) подключен к главным шинопроводам через аварийный коммутатор вместе с защитными и аварийными системами управления. Потребители электроэнергии могут питаться непосредственно от главного распределительного щита или от вспомогательных секционных распределительных щитов, а также от концевых распределительных щитов по соответствующим силовым кабелям. Примерная схема, иллюстрирующая представление о судовой трехфазной сети, включающей: валовой генератор (ВГ), генератор, приводимый в движение турбиной (ТГ), снабженной паром, вырабатываемым в котле-утилизаторе, соединенном с главным двигателем (ГД), и дизельные генераторы (ДГ), представлена на рис. 1.

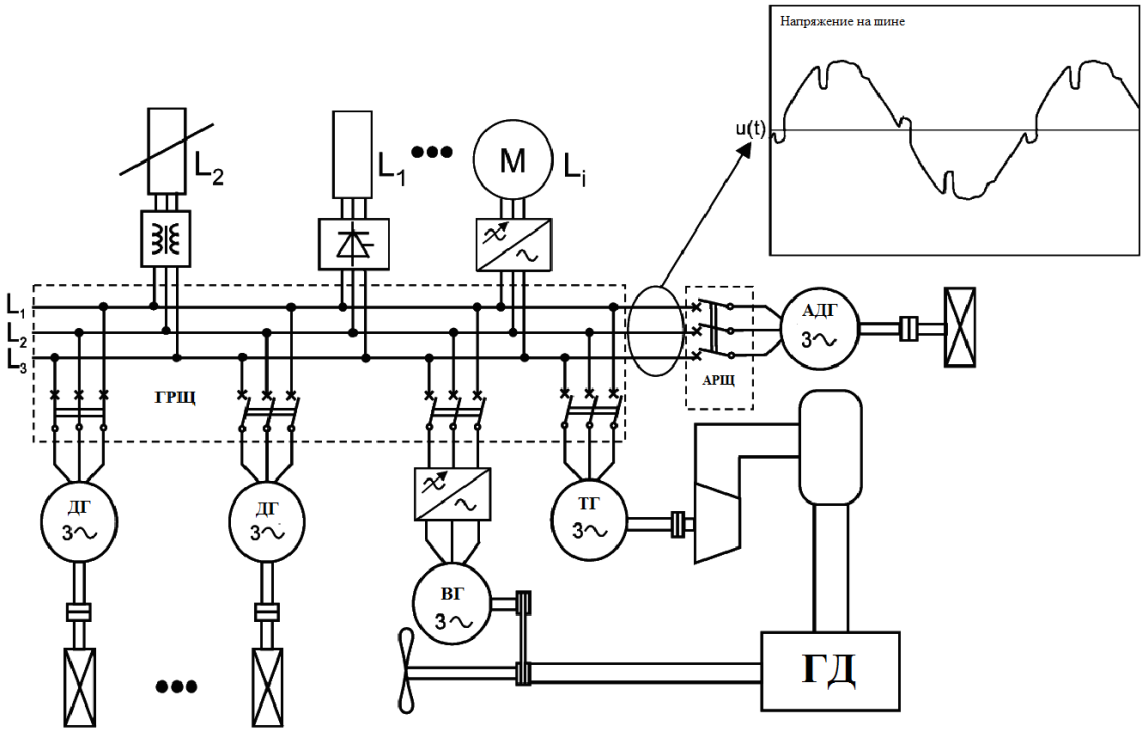


Рисунок 1 – Структурная схема судовой электростанции.

Постановка проблемы. Все более серьезной проблемой становится увеличений гармоник напряжения, переходные процессы и дисбаланс мощностей трехфазной судовой сети, в связи с высокой электрификацией судна, а также непрерывным увеличением числа и мощности потребителей электроэнергии на судне. Включение в судовую сеть потребителя большой мощности приводит к параллельной работе одного или нескольких генераторов. Дело в том, что запуск генераторов для параллельной работы приводит к появлению значительного количества гармоник (переходных токов). Кроме того, применение потребителей и систем большой мощности также приводит к ухудшению качества электрической энергии.Поэтому все больше внимания уделяется снижению негативного воздействия на судовую электростанцию, а также рассматриваются новые способы повышения качества электроэнергии на судне. В настоящее время на судах применяются многочисленные электронные преобразователи мощности, как на главных двигателях, так и на вспомогательных электроприводах. Эти электронные преобразователи применяются в отношении мощных потребителей, таких как приводы палубных кранов, швартовых лебедок, подруливающих устройств, охлаждающих водяных насосов дизельных двигателей грузовых насосов на танкерах, вентиляторов, компрессоров холодильной среды на рефрижераторных судах, как правило, относятся к классу нелинейных и переменных потребителей энергии. Стоит добавить, что в настоящее время увеличивается не только количество силовых преобразователей в корабельных системах, но и мощность одного электродвигателя, которая вместе с преобразовательной системой, используемой в главных двигательных установках, часто превышает 20 МВт. При этом суммарная мощность приемников электрической энергии, установленных в этих системах, во многих случаях достигает значений до 80...100 МВт. Такие большие значения мощности вызывают необходимость использования высоковольтных решений, а уровень напряжений достигает значений 11кВ. В таких условиях требуются новые компетенции для высококвалифицированного персонала,

ориентированного в основном на электротехнические, электронные и контрольно-технические вопросы[2].

Необходимость использования многих нелинейных и переменных потребителей электроэнергии на судах вызывает проблему ухудшения качества электроэнергии в судовых сетях, вызывает искажение формы волн напряжения и изменение частоты сети. Наиболее частыми причинами нарушений качества электроэнергии, которые описаны в источниках [2], [3], являются:

- небрежность в проектировании и проверки судовой электроэнергетической системы;
- ошибки в работе системы («человеческая ошибка» является основной причиной аварий на море в соответствии со статистикой Международной морской организации);
- влияние силовых электронных устройств;
- процессы коммутации и спровоцированные ими перенапряжения в распределительных устройствах и электрических потребителях;
- отказы важных элементов системы (например: гармонических фильтров установленных в системе валогенератора или главного электрического двигателя).

Цель и задачи исследований. Для поддержания качества электроэнергии в соответствии со стандартами судостроения, требуется проведение соответствующих мероприятий целью которых, является улучшение качества электроэнергии, которое может быть достигнуто за счет использования соответствующих технологических решений на стадии строительства судна и повышения квалификации рабочего персонала на стадии эксплуатации судна.

Методы и материалы исследований. Для выбора методов исследований был осуществлён сбор экспериментальных данных на судах ведущих промысел, который включал: измерение параметров работы судовой электроэнергетической системы, оценка качества работы судовых потребителей и точность показаний измерительных электроприборов системы управления.

Результаты исследований.

Технологические решения для улучшения качества электроэнергии в судовых системах. Технологические решения основаны на деятельности и сотрудничестве судовладельцев, проектировщиков и пользователей судовых систем. Они могут осуществляться на стадии проектирования и эксплуатации судна. На этапе проектирования судовой системы следует учитывать, что импеданс (реактивное сопротивление) судового генератора, как правило, достаточно высок по сравнению с импедансом трансформатора энергосети. Это приводит к большому искажению напряжения тока на источнике, когда на гармонические токи влияют существенные нелинейные нагрузки, такие как конвертеры мощности главного движителя. Генераторы электроэнергии на судне имеют эффект снижения общего импеданса, уменьшая количество гармонических искажений. С учетом вышеизложенного эффекта важной рекомендацией для проектировщиков является установка генераторов с большим переходным реактивным сопротивлением. Даже при соблюдении всех рекомендаций, касающихся эффективной конфигурации судовой энергосистемы, гармоники и другие помехи в морских системах не могут быть полностью устранены. На самом деле существует несколько методов, описанных в источниках [3], [4], используемых для смягчения эффекта гармонических искажений в рассматриваемых системах:

- пассивные или активные фильтры;
- увеличение количества импульсов в силовых преобразователях за счет использования многократно смещенных по фазе вторичных обмоток в силовых трансформаторах питания двигателей;
- использование других специализированных конструктивных и технологических решений.

На стадии проектирования рассчитываются преобладающие гармоники, которые могут произойти в системе передачи и преобразования электроэнергии. Обычно для гармоник токов используют фильтры пассивного типа, состоящие из последовательной цепи конденсаторов и индукторов, обеспечивающих в электрических сетях низкий импеданс с преобладающими гармониками. Их работа основана на явлении резонанса, которое возникает из-за различий в частоте катушки индуктивности и конденсаторы. Пассивные фильтры обычно соединенные параллельно с нелинейной нагрузкой и настроены на очень низкий импеданс гармонической частоты. Резонансные L-C фильтры имеют относительно высокую стоимость, низкую эффективность в низковольтных системах и тенденцию заставлять систему работать с ведущим коэффициентом мощности.

Обычные настраиваемые фильтры требуют настройки к специфической гармонической

частоте, их эффективность предельна, если не включено множество настроенных элементов. Также они подвержены таким проблемам, как резонанс с другими компонентами системы, импорт гармоник из вышестоящих нелинейных нагрузок и ведущий коэффициент мощности.

Широкополосные фильтры более эффективны, чем обычные настраиваемые фильтры, но являются более дорогостоящими. Несмотря на то, что они устраняют некоторые проблемы, связанные с обычными настраиваемыми фильтрами, они не являются безотказными. Проблемой являются их большие батареи конденсаторов, которые создают ведущий фактор мощности, что создает проблему управления возбуждения генераторов.

Активные фильтры обрабатывают гармоники путем измерения уровня гармонического тока присутствующего в системе и создание гармонического тока противоположной полярности для того чтобы отменить их. Проблема заключается в плохих динамических характеристиках активных фильтров, поэтому они могут быть непрактичными для использования с мощнымиэлектроприводами с переменной скоростью. Активные фильтры обладают высокой стоимостью и низкой эффективностью.

Для уменьшения входного тока гармоник используются методы "сдвига фазы". Множественные мосты конвертера входного сигнала соединенный так, что гармоники произведенные одними мостами отменяют некоторые гармоники произведенные другими. Поэтому определенные гармоники устраняются на входе первичной обмотки фазового трансформатора.

Фазосдвигающие трансформаторы могут быть экономически эффективным методом исправления гармоник, но требуется одновременно применять несколько 6-пульсных выпрямителей нагрузки. Фазовые системы ограничены в количестве гармоник, которые можно контролировать и степень гармонического смягчения зависит от того, в какой степени различные источники гармоник одинакова и зависит от их угла сдвига фаз между источниками.

Источники питания с поправкой на коэффициент мощности, реакторы и дроссели относятся к другим специализированным технологическим и конструктивным решениям, предлагаемым для ослабления гармонического тока. Источники питания с поправкой на коэффициент мощности являются дорогостоящими и имеют ограниченное применение; реакторы и дроссели являются относительно недорогим решением, но являются лишь умеренно эффективными, и их высокий импеданс может привести к неприятным падениям напряжения.

Обсуждение результатов исследований. Статистика аварии последних нескольких лет показывает, что даже высокотехнологично оборудованные суда, эксплуатируемые высококвалифицированным персоналом, не способны предусмотреть неожиданные аварийные ситуации и их последствия. Стандарты качества электроэнергии и связанные с ними технические и организационные мероприятия должны выявлять неясности и неточности судовой электроэнергетической системы и стремится решить их. Должны приниматься меры по непрерывному мониторингу качества электроэнергии, контролю переходных процессов, унификации индексов и методов их измерения, а также связанных с соответствующей квалификацией и компетенцией членов экипажа для правильной эксплуатации, технического обслуживания и испытаний электроприборов [6].

Непрерывный прогресс в создании и контроле электрических и электронных устройств вводит новые требования к вахтенным офицерам, ответственным за контроль, техническое обслуживание, диагностику и ремонт электрических и электронных установок на борту судна. Эти требования в первую очередь касаются судовых энергосистем и естественным образом связаны с аспектами качества электроэнергии. Контроль качества электроэнергии является сложной задачей для проектировщиков и операторов (членов экипажа) судовых электроэнергетических систем. Этот процесс можно рассматривать как пассивный и активный контроль качества электроэнергии. Под пассивным управлением понимается применение таких технологических и конструктивных решений, которые подготовлены на стадии проектирования судовой системы, а именно соответствующая конфигурация главного распределительного щита, фильтрующих цепей, устройств и методов гармонического смягчения. Напротив, активный контроль качества электроэнергии основан на концепции "умных сетей", или широко распространенных активных сетей. В настоящее время в судовых электроэнергетических системах элементами "умных сетей" являются различные источники электроэнергии взаимодействующие друг с другом (комбинации турбогенераторов, дизель-генераторов, валогенераторов), дополнительные компенсирующие устройства (компенсаторы реактивной мощности и фильтры высших гармоник), накопители энергии (аккумуляторы, топливные

элементы, конденсаторы) и система управления мощностью, которая обеспечивает бесперебойным питанием ответственные и особоответственныеэлектроприемники судна [5]. Необходимым условием активного контроля качества электроэнергии является непрерывное получение измерительной информации, которая может быть получена с помощью соответствующих приборов анализа качества электроэнергии. Информация о параметрах качества электроэнергии преобразуется в управляющие сигналы, которые подаются на систему управления напряжением и частотой. Процедура непрерывного мониторинга мощности является ключевым моментом для улучшения качества электроэнергии на судне. В любом случае проектировщики и операторы (члены экипажа) судовых электроэнергетических систем должны осознавать, что электромагнитные возмущения не могут быть полностью устранены, можно только уменьшить причины их возникновения и смягчить последствия их негативного влияния.

Выводы. В результате исследований проведен анализ существующих методов повышения качества электроэнергии судовых электро энергетических систем и установлено что необходимым условием активного контроля качества электроэнергии является непрерывное получение измерительной информации, которая может быть получена с помощью соответствующих приборов анализа качества электроэнергии

Благодарности. За оказание помощи в подготовки и проведения материалов исследований авторы выражают благодарность зав.кафедрой ЭСИАП кандидату технических наук, доценту Чёрному и аспиранту А.А. Масленникову.

Библиографический список:

1. Никифоровский Н.Н., Норневский Б.И. Судовые электрические станции. М.: "Транспорт", 2004. - 432 с.

2. Руди Д.Ю. Проблемы качества электроэнергии судовых электроэнергетических систем [Электронный ресурс] – Режим доступа https://cyberleninka.ru. – (Дата обращения 15.12.2018).

3.Алексеев Б.А. Активные фильтры высших гармоник [Электронный ресурс] – Режим доступа http://uran.donntu.org. – (Дата обращения 15.12.2018).

4. Климов В.П., Москалев А.Д. Способы подавления токов в системах электропитания [Электронный ресурс] – Режим доступа http://l-avt.ru. – (Дата обращения 16.12.2018).

5. Шейнихович В. В. Качество электроэнергии на судах / В. В. Шейнихович, [и др.]. — Л.: Судостроение, 2004. — 160 с.

Пересунько Павел Викторович
Pavel Viktorovich Peresunko
ассистент, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
E-mail: peres94@yandex.ru

Сорока Евгения Олеговна
Evgeniya Olegovna Soroka
студент, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
E-mail: jollot@yandex.ru

Виденин Сергей Александрович
Sergey Aleksandrovich Videnin
канд. пед. наук, доц., Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
E-mail: videninserg@mail.ru

УДК 519.688

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ПРИБЫЛЬНОСТИ ТОРГОВОЙ ТОЧКИ

OUTLET'S PROFITABILITY MODEL BUILDING

Аннотация: В статье рассмотрены основные методы построения регрессии. В рамках проведенного исследования была разработана программа, позволяющая построить универсальную модель прибыльности торговой точки на основании данных о торговых точках нескольких предприятий из различных городов.

Abstract: the paper describes popular methods of the regression model building. The program for building a universal model of the retail outlet's profitability on the base of data on retail outlets of several enterprises from different cities was developed in the framework of the study.

Ключевые слова: оценка регрессии, отбор признаков, прогнозирование, классификация, бустинг.

Keywords: regression estimation, feature selection, forecasting, classification, boosting.

Цель исследования

Целью данной работы являлось усовершенствование модели, применяемой в компании ООО «Местомер».

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи.

1. Произвести подготовку предоставленных данных, включающую в себя объединение данных по различным городам, удаление некорректно заполненных полей.
2. Разработать программу на языке высокого уровня, позволяющую подобрать наилучший метод построения модели по имеющимся данным.
3. Отобрать наиболее подходящую модель экспертным путем.

Постановка задачи

Имеются данные о торговых точках компаний разного типа (аптеки, ортопедические салоны и т.д.) из нескольких городов: Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Екатеринбург, Воронеж, Омск, Пермь. Каждая точка характеризуется некоторыми признаками, причем для каждой компании они могут быть разные. Количество общих признаков – 42, всего – около 150. Выходная переменная – размер годовой прибыли компании.

Необходимо построить модель, позволяющую спрогнозировать прибыль компании в новой точке в шкале от 1, что соответствует понятию «плохая точка», до 5, являющейся, соответственно, «отличной точкой».

Обзор методов построения регрессии

Гребневая регрессия

Метод находит параметры модели линейной регрессии с ограничением [1]. Он реализует классическую L_2 регуляризацию Тихонова, при которой параметры модели $\hat{\beta}$ находят минимизацией

$$\hat{\beta} = \arg\min\left[\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \sum_{j=1}^{m}\beta_j x_{ij}\right)^2 + \lambda\sum_{j=1}^{m}\beta_j^2\right], \qquad (1)$$

где $\hat{\beta}$ – параметры модели,

n – количество примеров в выборке,

m – количество признаков,

y_i – выходное значение примера i,

x_{ij} – значение признака j у примера i,

λ – параметр регуляризации.

Пересечение отсутствует в формуле, так как предполагается, что каждый признак и выход образцов центрируется.

Параметр регуляризации λ может быть найден на скользящем контроле [2].

Общий смысл гребневой регрессии в том, что она не дает параметрам принимать слишком большие значения, делая ее, тем самым, более устойчивой.

Регрессия Лассо

В отличие от гребневой регрессии, в лассо регрессии регуляризация происходит с помощью заключения коэффициентов в модуль при нахождении параметров модели [3].

Параметры модели $\hat{\beta}$ находят минимизацией следующего функционала

$$\hat{\beta} = \arg\min\left[\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \sum_{j=1}^{m}\beta_j x_{ij}\right)^2 + \lambda\sum_{j=1}^{m}\left|\beta_j\right|\right], \qquad (2)$$

где $\hat{\beta}$ – параметры модели,

n – количество примеров в выборке,

m – количество признаков,

y_i – выходное значение примера i,

x_{ij} – значение признака j у примера i,

λ – параметр регуляризации.

Пересечение отсутствует в формуле, так как предполагается, что каждый признак и выход образцов центрируется. Параметр регуляризации λ может быть найден так же, как и для гребневой регрессии, например, на скользящем контроле.

Общий смысл гребневой регрессии в том, что она не только не дает параметрам принимать большие значения, но и обнуляет те параметры, которые слабо влияют на выход.

Метод наименьших углов

Метод наименьших улов тоже работает с линейными моделями, и тоже является методом отбора признаков.

На первом шаге он находит переменную, которая больше всех коррелирует с выходом. Далее он приближает коэффициент перед этой переменной в тему коэффициенту, который был получен с помощью метода наименьших квадратов. Меняет коэффициент до тех пор, пока другая переменная не будет коррелировать с остатками больше, чем текущая. Тогда уже оба коэффициента будут меняться. И так будет продолжаться до тех пор, пока не будет получены те же коэффициенты, какие получаются при подборе их с помощью метода наименьших углов [4].

Однако, мы можем прекратить отбор переменных на каком-то шаге, тем самым отбросив этот признак. Нужное количество оставшихся признаков можно получить с помощью скользящего контроля.

Случайный лес

Основа случайного леса – деревья решений.

Деревья решений – это способ представления правил в иерархической, последовательной структуре, где каждому объекту соответствует единственный узел, дающий решение [5].

Решающий узел – узел, содержащий вопрос и направляющий в разные стороны в зависимости от ответа.

Листовой узел – узел, делающий прогноз.

Допустим, заданы некоторые маркированные данные и список атрибутов, тогда построение дерева решений согласно алгоритму ID3 [6] выглядит следующим образом:

1. Если все данные имеют одинаковую метку, то создать листовой узел, предсказывающий эту метку, и остановиться, иначе переход на п. 3.

2. Если список атрибутов пуст, то создать листовой узел, предсказывающий наиболее общую метку, и остановиться. Иначе переход на п. 3.

3. Разбить данные по каждому атрибуту.

4. Выбрать разбиение с наименьшей энтропией.

5. Добавить решающий узел на основе выбранного атрибута.

6. Рекурсивно повторить для каждой подгруппы разбиения.

Случайный лес является композицией (ансамблем) множества решающих деревьев, что позволяет снизить проблему переобучения и повысить точность в сравнении с одним деревом [7]. Прогноз получается в результате агрегирования ответов множества деревьев. Тренировка деревьев происходит независимо друг от друга (на разных подмножествах), что не просто решает проблему построения одинаковых деревьев на одном и том же наборе данных, но и делает этот алгоритм весьма удобным для применения в системах распределённых вычислений.

Для задачи регрессии выход всех деревьев усредняется [8].

Описанный метод удобен тем, что может эффективно обрабатывать данные с большим количеством признаков и примеров. Также для его работы не нужно нормировать признаки.

Градиентный бустинг

Как и случайный лес, градиентный бустинг объединяет выход нескольких моделей. Он итеративно добавляет новые модели. Каждая модель пытается научиться предсказывать градиент функции потерь градиентного бустинга. После этого, мы добавляем эту новую модель к градиентному бустингу с шагом, который минимизирует функционал потерь градиентного бустинга [9].

В случае если в качестве функционала потерь выбрана квадратичная мера ошибки, то градиент превращается в разность между прогнозом градиентного бустинга и значением примеров. Таким образом, каждая новая модель пытается предсказать ошибку предыдущих моделей.

Выходом градиентного бустинга будет взвешенная сумма выходов всех моделей. Вес определяется шагом, с которым модель была прибавлена к градиентному бустингу.

AdaBoost

AdaBoost – алгоритм объединения множества моделей. В отличие от случайного леса, примеры выбираются случайно, но при этом вероятность выбора примера зависит от того, как хорошо умеет прогнозировать этот пример AdaBoost. Чем хуже пример обрабатывается моделью, тем больше у него вероятность выбора. Если короче, алгоритм чаще выбирает те примеры, которые у него не получается выучить [9].

Как итог, предсказание рассчитывается по взвешенной медиане, где вес зависит от уверенности модели.

Метод Борута

Метод Борута отбирает признаки по следующему алгоритму [10].

1. Для каждого признака добавляет теневой атрибут, который состоит из значений этого признака, затем значение тенового атрибута случайно перемешивают.

2. Запускает случайный лес на этом наборе, находит Z-оценку для каждого признака, в том числе и для теневых признаков.

3. Z-оценка каждого признака сравниваем с самой лучшей Z-оценкой теневых признаков. Если важность признака меньше теневого, отбрасываем его.

4. Убираем теневые признаки. Повторяем процедуру до достижения нужного количества итераций.

Иногда Z-оценку признака сравнивают не с самым лучшим, а с медианным результатом, или с результатом какого-то квартиля, чтоб сделать селекцию менее мощной. Может работать с любым методом, который может подсчитывать важность признака.

Программная реализация

Для построения универсальной модели была разработана программа на языке программирования Python, позволяющая осуществить подбор лучшей модели. При помощи данной программы были определены 15 наиболее влияющих на прибыль признаков, среди которых есть такие как время работы торговой точки, количество остановок в определенном радиусе, трафик использования wi-fi, численность населения города и другие. Также была построена линейная модель, что позволяет компаниям определить степень влияния того или иного признака, опираясь на коэффициент перед этим параметром в уравнении регрессии. Наилучшим методом для данной задачи является градиентный бустинг.

Разбиение на классы производилось вручную экспертным путем. Основной задачей в данном случае было уменьшить количество точек, ошибочно отнесенных к лучшей или худшей категории более чем на 1 пункт. Другими словами, нужно, чтобы плохие точки получали значения не выше 3, а лучшие – 4 и 5. На рисунках 1 и 2 приведено полученное разбиение для одной из моделей. Черным

цветом указаны реальные точки, серым – спрогнозированные классы. По оси X указаны индексы точек, по Y – нормализованная величина годовой прибыли.

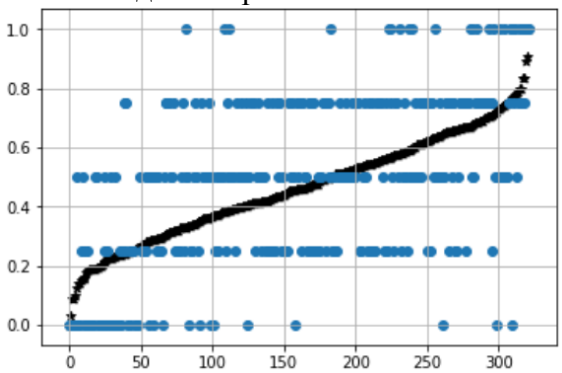


Рисунок 1 – Разбиение на классы

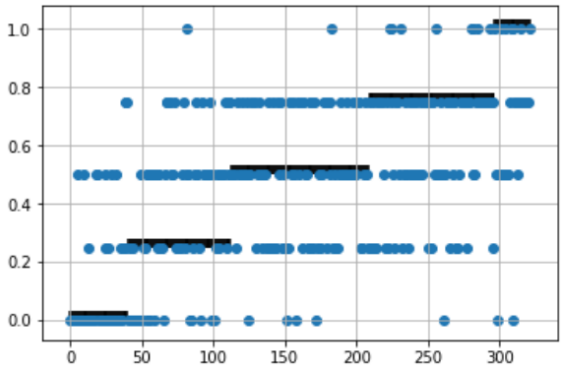


Рисунок 2 – Разбиение на классы при аналогичном разбиении исходных данных

Были получены две модели с одинаковой абсолютной ошибкой на скользящем контроле, определенные экспертным путем как лучшие. В целом, для обоих вариантов справедливо следующее.

1. В единичных случаях плохие точки определяются как хорошие.
2. Хорошие точки редко обозначены как плохие, почти всегда «хорошие» или «средние».

Заключение

В ходе исследования была разработана программа, позволяющая без участия эксперта определить наилучшие параметры для рассмотренных выше методов построения регрессии, что позволяет построить несколько вариантов моделей прибыльности торговой точки. На основании этих данных экспертным путем была определена наилучшая модель по следующим критериям: абсолютная ошибка, относительная ошибка, теоретическая обоснованность полученной формулы;

После выбора модели производится автоматическое разбиение на классы по шкале от «1» до «5».

Библиографический список:

1. Hoerl AE, 1962, Application of ridge analysis to regression problems, Chemical Engineering Progress, 1958, 54–59.

2. G. Golub, M. Heath, G. Wahba. Generalized Cross-Validation as mathod for choosing a good Ridge Regression – Technometrics. Vol. 2, 1979

3. Ke Yan. Performing Principal Components Regression (PCR) in R // [Электронный ресурс]. URL: https://www.r-bloggers.com/performing-principal-components-regression-pcr-in-r (дата обращения: 25.12.18)

4. Hoerl AE, 1962, Application of ridge analysis to regression problems, Chemical Engineering Progress, 1958, 54–59.

5. Открытый курс машинного обучения. Тема 5. Композиции: бэггинг, случайный лес // Сайт Хабрахабр [электронный ресурс]. URL: https://habrahabr.ru/company/ods/blog/324402/ (дата обращения: 25.12.18)

6. Дж. Грас. Data Science. Наука о данных с нуля – СПб.: БВХ-Петербург, 2017. – 336 с.

7. Random Forest: прогулки по зимнему лесу // Сайт Хабрахабр [электронный ресурс]. URL: https://habrahabr.ru/post/320726/ (дата обращения: 25.12.18)

8. Модель Random Forest для классификации, реализация на c# // Сайт Хабрахабр [электронный ресурс]. URL: https://habrahabr.ru/post/215453/ (дата обращения: 25.12.18)

9. T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. – Springer Science, 2017.

10. Ke Yan. Performing Principal Components Regression (PCR) in R // [Электронный ресурс]. URL: https://www.r-bloggers.com/performing-principal-components-regression-pcr-in-r (дата обращения: 25.12.18)

Коднянко ВладимирАлександрович
KodnyankoVladimir Aleksangrovich
доктор технических наук
Сибирский Федеральный Университет
(Россия, г. Красноярск)
E-mail kowlad@rambler.ru

УДК 519.67

АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ КОДОВ МЕТОДА БРЕНТА ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ УНИМОДАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

THE ANALYSIS OF BRENT METHOD CODES FOR MINIMIZING UNIMODAL FUNCTIONS

Аннотация: Проведен анализ двух вычислительных процедур, реализующих метод Брента для минимизации унимодальных функций. Установлено, что коды имеют недостатки, которые не позволяют решить ряд задач оптимизации. Предложен код процедуры, написанный на языке Delphi, который лишен упомянутых недостатков.

Abstract: The analysis of two computational procedures that implement the Brent method to minimize unimodal functions was carried out. It is established that the codes have flaws that do not allow solving a number of optimization problems. A procedure code written in the Delphi language is proposed, which is devoid of the disadvantages mentioned.

Ключевые слова: унимодальная функция, метод Брента, ALGOL-60, FORTRAN90, Delphi.

Keywords: unimodal function, Brent method, ALGOL-60, FORTRAN90, Delphi.

При анализе комбинированного метода Брента минимизации унимодальных функций [1] за образцы оригиналов вычислительных программных процедур был принят код [2, 3] с учетом поправки [4], написанный на языке *Алгол-60* в 1973 г., и код на языке Фортран90, написаннный в 2013 г. [5, 6].

В результате перевода данных кодов на язык *Delphi* были получены соответствующие им прямые аналоги авторских процедур *Brent* (перевод кода Richard Brent, 1973 г. с учетом опечатки [2]) и *Burkardt* (перевод кода John Burkardt, 2013 г. [3]).

Для верификации данных процедур, а также иных целей исследования была разработана база задач минимизации, объем которой определяется произведением количества использованных унимодальных функций и соответствующим им вариантов отрезков неопределенности [*a, b*].

Использовано 22 функции, в том числе 16 гладких унимодальных, 2 монотонных и по одной медленно меняющейся, строго унимодальной и негладкой функции (функция с изломом в точке экстремума).

Варианты отрезков неопределенности для МФ находили из следующих соображений. Всякой функции ставили в соответствие достаточно широкий отрезок [*a, b*], в котором функция унимодальна, и при помощи метода золотого сечения определяли абсциссу *x*, как решение задачи с точностью до машинного нуля. Далее случайным образом в интервалах (*a, x*) и (*x, b*) генерировали в них числа *c* и *d*, соответственно, которые и определяли отрезок поиска [*c, d*] для исследуемой задачи. Количество таких отрезков для [*a, b*] и, следовательно, количество задач для одной МФ будет практически неограниченным, что позволяет провести статистический анализ быстродействия методов с желаемой точностью.

При проведении вычислительных экспериментов при помощи разработанного на языке Delphi кода решение *x* задач находили с точностью до $\varepsilon = 10^{-5}$ при помощи переменных и констант арифметического типа, поддерживающего 19-20 значащих цифр. В качестве контрольного метода использован метод золотого сечения.

Было проведено решение 10 000 случайным образом сгенерированных задач.

В результате анализа результатов вычислений было установлено, что нередки случаи, когда при решении задач процедуры либо находят неверное решение, либо не позволяют получить его из-за зацикливания итерационного процесса.

Так, например, при минимизации функции (рис. 1)

$$f(x) = Max\{-2(x-1), 8(x-1)\} + 25(x-1)^2 \qquad (1)$$

на отрезке [–1,2; 2,7] процедурой Брента [3] при решении ряда не выполнялось условие сходимости процесса $\left|x - x^*\right| \le \varepsilon$, где x – приближенное решение, полученное процедурой, x^* – точное решение, полученное методом золотого сечения, либо процесс зацикливался.

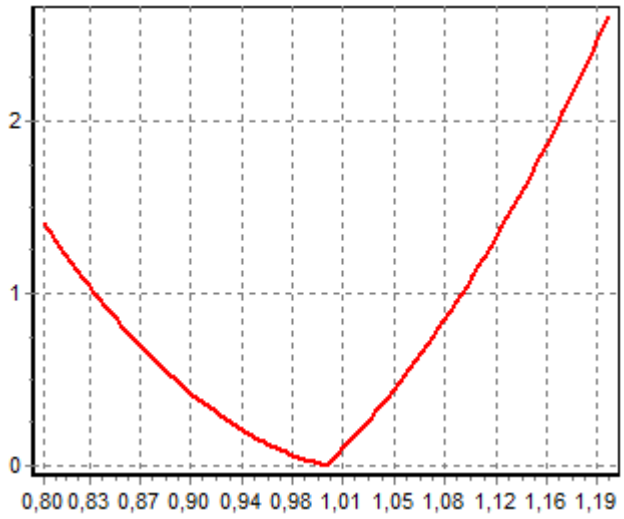


Рис.1.

Процедура Буркардта [6] *Burkardt* не зацикливалась, однако в 30-ти случаях давала неверный результат, поэтому данная процедура была принята за основу при модернизации программного кода, реализующего метод Брента.

Анализ кода Буркардта показал, что причиной ошибочных результатов является фрагмент текста [6]

```
tol = eps*abs(x)+t
t2 = 2.0D+00*tol
if (abs(x-m).le.t2-0.5D+00*(sb-sa)) go to 190
```

Проведена модернизация процедуры *Burkardt*. При этом параметр *t* был исключен, а вышеприведенный код заменен следующим текстом

```
tol:= abs(x)*eps*3.0e-2;
if tol < 0.3*eps then tol:= 0.3*eps;
t2:= 2.0*tol;
 //  Check the stopping criterion.
if sb-sa <= eps then Goto Lab190;
```

После таких изменений аналогичная Delphi-процедура всегда давала верный результат.

Библиографический список:

1.Коднянко В. А., Оптимизация унимодальных функций методом параболического предиктора / В. А. Коднянко / Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2018. № 3 (июль), С 101 – 108. DOI: 10.24143/2072-9502-2018-3-101-108

2.Brent R. P. Chapter 4: An Algorithm with Guaranteed Convergence for Finding a Zero of a Function, Algorithms for Minimization without Derivatives, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, ISBN 0-13-022335-2,1973

3.Brent R. P. Algorithms for Minimization Without Derivatives, Dover, 2002, ISBN: 0-486-41998-3,LC:QA402.5.B74

4. https://maths-people.anu.edu.au/~brent/pub/pub011_errata.html
5. http://people.sc.fsu.edu/~jburkardt/f77_src/brent/brent.html
6. http://people.sc.fsu.edu/~jburkardt/f77_src/brent/brent.f

Громовой Дмитрий Анатольевич
D. A. Gromovoy
ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

УДК 004.942:614.841.3

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ПОЖАРОВ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

APPLICATION OF THE MODELING OF THE DEVELOPMENT OF FIRES FOR THE DEVELOPMENT OF MEASURES TO IMPROVE THE LEVEL OF FIRE SAFETY IN THE INDUSTRIAL OBJECTS OF OMSK REGION

Аннотация: Рассмотрена статистика пожаров промышленных объектов и приведен пример возможности использования информационно-аналитического комплекса «Аналитик» для разработки мероприятий по повышению уровня пожарной безопасности предприятия по сборке сельскохозяйственной техники.

Annotation: The statistics of industrial objects fires is considered and an example of the possibility of using the analytical information complex “Analytic” for the development of measures to improve the level of fire safety of an enterprise for the assembly of agricultural equipment is given.

Ключевые слова: пожарная опасность промышленных объектов, моделирование пожаров, геоинформационная система, информационно-аналитический комплекс.

Keywords: fire hazard of industrial facilities, modeling of fires, geographic information system, information and analytical complex.

В целом в России на протяжении последних лет обстановка с пожарами и последствиями от них имеет устойчивую положительную динамику снижения. По официальным статистическим данным в 2017 году на территории Российской Федерации зарегистрировано 133077 пожаров, на которых погибло 7824 человек. По сравнению с 2016 годом количество пожаров уменьшилось на 4,7%, погибших при пожарах – на 10,7%. Прямой материальный ущерб причинен в размере 14 217,3 млн. руб. (уменьшение показателя по сравнению с 2016 годом на 0,7%) [5].

На фоне общего снижения пожаров по итогам 2017 года возросло число пожаров в промышленных зданиях из-за недостаточности предпринятых мер по снижению пожаров на данных объектах. Так, увеличение количества пожаров в 2017 году зарегистрировано на следующих видах объектов: производственные здания – на 3,5%, складские здания – на 6,8%, сельскохозяйственные объекты – на 1,0% [3].

Прогнозируется увеличение пожаров на 2018 год: в зданиях для содержания, эксплуатации и ремонта техники - на 48 ед., в зданиях для изготовления машиностроительной продукции (сборочное и др. производство) – на 3 ед., в зданиях для вспомогательных производств (ремонтное, приготовительное и др. производство) – на 2 ед., в прочих зданиях производственного назначения – на 23 ед. [4].

Распределение количества пожаров, произошедших в Российской Федерации в 2014-2017 гг., и прогнозных значений на 2018 год по объектам пожаров показано в таблице [4].

Таблица. Распределение количества пожаров по объектам пожаров (промышленные здания), ед.

Годы	2014	2015	2016	2017	2018 (прогноз)
Неэксплуатируемое здание	2842	3373	3198	3238	3488
Здание склада легковоспламеняющихся жидкостей	23	20	26	23	31
Здание склада лесопиломатериалов	76	65	62	72	80
Здание склада сыпучих материалов	62	60	39	58	58
Здание склада продовольственных товаров	129	90	87	94	94
Прочее складское здание	693	687	743	822	907
Здание для содержания, эксплуатации и ремонта техники	492	513	519	613	682

Здание для изготовления машиностроительной продукции (сборочное и другое производство)	13	18	21	21	24
Здание для холодной обработки металлов	56	59	45	68	80
Прочее здание производственного назначения	396	390	374	444	485
Здание вспомогательного производства (ремонтное и другое производство)	37	40	39	44	46
Здание производственной и экспериментальной мастерской	17	16	19	25	28

Актуальность тушения пожаров в промышленных зданиях обусловлена тем, что с точки зрения тактики их тушение является наиболее сложными. Ещё более усложняет положение непредсказуемость развития возможных пожаров на данных объектах.

Одним из основных методов борьбы с пожарами в промышленных зданиях является имитация процессов развития и тушения пожаров с использованием моделей распространения пожара и дыма, работы противопожарного оборудования, эвакуации людей из горящего здания.

На рынке программных продуктов предлагаются различные программы по моделированию развития пожаров и эвакуации людей, но все они ограничены рамками решения определенных задач. Например, программа «План Эвакуации» предназначена только для решения задач по созданию эвакуационных схем любой сложности [2]. Многие из этих программ создавались для исследовательских целей и не предназначались для массовых расчетов.

На наш взгляд, данный подход к моделированию пожароопасных ситуаций является недостаточно универсальным, так как, во-первых, имеются узконаправленные решения ограниченного числа задач моделирования и получение результатов решения этих задач.

Во-вторых, такой подход к моделированию не учитывает особенности конкретных территорий развития пожара. Для моделирования пожарных ситуаций особый интерес должны предоставлять геоинформационные системы, обладающие возможностью хранения и визуального отображения пространственной информации. Применение таких систем позволяет моделировать развитие и тушение пожара на реальной местности.

В-третьих, не учитывается возможность применения моделирования развития пожаров для разработки и внедрения превентивных мероприятий по снижению рисков и материального ущерба от возможных пожаров.

Моделирование возможных пожаров на промышленных объектах Омской области и прилегающей к данным объектам территории позволяет выполнить специальное программное обеспечение с использованием геоинформационных технологий – информационно-аналитический комплекс «Аналитик» [1].

Программа предназначена для создания базы геопространственных данных, отображения электронной карты определенного района, на основе хранящейся в базе данных информации, выполнения специальных задач моделирования на основе пространственных данных. Результаты моделирования могут быть пространственными данными, которые сохраняются в базе данных и отображаются на фоне электронной карты.

При помощи данного геоинформационного комплекса можно производить расчеты последствий чрезвычайных ситуаций природного, техногенного характера, а также получать и, при необходимости, исправлять справочную картографическую информацию и самостоятельно наносить и корректировать новые объекты, а также производить расчеты по ним на территории г. Омска и Омской области.

В информационно-аналитическом комплексе «Аналитик» имеются задачи оценки обстановки в чрезвычайных ситуациях техногенного и природного характера в количестве 16 расчетных задач, в том числе:

- моделирование и оценка последствий взрывов газопаровоздушных смесей;
- моделирование взрывов емкостей со сжатым газом;
- моделирование взрывов пылевоздушных смесей;
- моделирование аварийных розливов нефти;
- моделирование аварий на газопроводах;
- моделирование при пожарах проливов легковоспламеняющихся жидкостей и др.

Для производства такого моделирования программные средства системы прогнозирования

обстановки на промышленных объектах и прилегающих к ним территорий представлены соответствующими программными модулями.

Работу информационно-аналитического комплекса «Аналитик» в программном модуле «Моделирование взрывов и пожаров» можно использовать не только по прямому назначению, но и для разработки мероприятий по повышению уровня пожарной безопасности на промышленных объектах Омской области. Для этого надо провести предварительный анализ инженерных, оперативно-тактических и организационных решений по предупреждению пожаров на данных объектах. После этого выявленные нарушения и недостатки ввести в исходные данные и получить готовые модели процессов развития и тушения пожара при фактическом состоянии промышленного объекта и при внедрении мероприятий по устранению нарушений и недостатков пожарной безопасности на объекте. Сравнение результатов расчета по полученным моделям вариантов пожарной защиты промышленного объекта покажут эффективность и целесообразность внедрения мероприятий.

Рассмотрим применение предложенной методики на примере исследования пожарной безопасности цеха по производству, ремонту и сборке узлов и агрегатов сельскохозяйственного назначения ООО «Производственное объединение «СЭЛФОРД».

Анализ пожарной опасности технологического процесса производства, ремонта и сборки узлов и агрегатов сельскохозяйственного назначения выявил два основных источника возможных пожаров: индустриальное машинное масло и полиэфирные порошковые краски. Причём последний источник является наиболее вероятным и наиболее тяжёлым по последствиям действий опасных факторов пожара. Было установлено также, что в исследуемом цехе отсутствовала система автоматической пожарной сигнализации.

Наиболее вероятным вариантом развития возможных пожаров в здании цеха является сценарий возникновения пожара в покрасочной камере, в которой отсутствует система аварийного слива легковоспламеняющейся жидкости – полиэфирной порошковой краски, из технологической емкости.

Моделирование возникновения возможного пожара в покрасочной камере исследуемого цеха при отсутствии системы оповещения и организации эвакуацией людей при пожаре показало, что вероятность эвакуации составляет $P_{эij} = 0{,}113$, величина потенциального риска $P_i = 5{,}32 \cdot 10^{-6}$ (год$^{-1}$), величина индивидуального пожарного риска $R = 2{,}77 \cdot 10^{-6}$, что превышает его нормативное значение, установленное [6]. Экономические потери при пожаре по данному варианту развития возможного пожара составили $П_{э1} = 17667{,}977$ тыс. руб.

Моделирование возникновения возможного пожара в покрасочной камере исследуемого цеха при внедрении системы автоматической пожарной сигнализации и системы аварийного слива полиэфирной порошковой краски показало трёхкратное увеличение вероятности эвакуации $P_{эij} = 0{,}34$, более чем десятикратное снижение величин потенциального риска $P_i = 0{,}396 \cdot 10^{-6}$ (год$^{-1}$) и значение индивидуального пожарного риска $R = 0{,}206 \cdot 10^{-6}$, что значительно меньше допустимого значения, установленного [6]. Экономические потери при пожаре по данному варианту развития возможного пожара составили $П_{э2} = 11229{,}512$ тыс. руб., что на 6438,465 тыс. руб. меньше, чем по предыдущему варианту развития возможного пожара.

Сравнение двух вариантов моделирования возникновения возможного пожара в покрасочной камере исследуемого цеха показало экономическую целесообразность внедрения предложенных мероприятий, которая определяется снижением индивидуального пожарного риска до величины $R = 0{,}206 \cdot 10^{-6}$, меньшей нормативной, а также снижением материального ущерба, связанного с ликвидацией последствий пожара.

В заключение можно говорить о том, что предлагаемая методика использования программного продукта по моделированию развития возможных пожаров может быть применена не только при проведении учений и решений оперативно-тактических задач на местности, но и для обоснования внедрения превентивных мероприятий по снижению рисков и материального ущерба от пожаров.

Кроме того, предлагаемая методика не ограничивается возможными пожарами ни конкретизацией промышленного объекта, ни регионом его нахождения, ни конкретными негативными последствиями. По желанию пользователя её с успехом можно применять, как при разработке любых превентивных мероприятий на любых промышленных объектах Омской области, так и при использовании других программных продуктов в других регионах России.

Библиографический список:

1. Информационно-аналитический комплекс по вопросам гражданской обороны и защиты населения «Аналитик» [Электрон. ресурс] – Режим доступа: http://esrc.ru/I/informacionno-analiticheskiy-kompleks-analitik (дата обращения: 07.12.2018).
2. План Эвакуации. [Электрон. ресурс] – Режим доступа: https://reestr.minsvyaz.ru/reestr/103320/ (дата обращения: 07.12.2018).
3. Прогноз обстановки с пожарами в Российской Федерации на 2017 г., предложения по снижению числа пожаров в Российской Федерации. [Электрон. ресурс] – Режим доступа: https://sites.google.com/site/statistikapozaro/prognoz-obstanovki-s. (дата обращения: 07.12.2018).
4. Прогноз обстановки с пожарами в Российской Федерации на 2018 год, анализ обстановки с пожарами, предложения по улучшению обстановки с пожарами в Российской Федерации. – Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2018. – 68 с. [Электрон. ресурс] – Режим доступа: https://yadi.sk/d/hL2qkLh93Vjbfv (дата обращения: 07.12.2018).
5. Статистика пожаров в Российской Федерации за 2017 год. [Электрон. ресурс] – Режим доступа: http://wiki-fire.org/Статистика-пожаров-РФ-2017.ashx (дата обращения: 07.12.2018).
6. Технический регламент о требовании пожарной безопасности: Федер. закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ; принят Гос. Думой 04.07.2008 г.; Одобр. Сов. Федерации 11.07.2008 г. // Собрание законодательства РФ. – 2008. – № 30 (ч.1), ст. 3579. [Электрон. ресурс] – Режим доступа: www.pravo.gov.ru (дата обращения: 07.12.2018).

Абдураззаков Абдулазиз Абдушукур угли
Ташкентский государственный институт востоковедения
Студент

Abdurazzakov Abdulaziz
Tashkent State Institute of Oriental Studies
Student

УДК 51:52

РОЛЬ АБУ РАЙХАНА БИРУНИ В МАТЕМАТИКЕ И АСТРОНОМИИ

THE ROLE OF ABU RAYHAN BIRUNI IN MATHEMATICS AND ASTRONOMY

Аннотация. В данной статье анализируется роль Абу Райхана Бируни в математике и астрономии. Это показывает вклад Абу Райхана Бируни в цивилизацию червей.

Annotation. This article analyzes the role of Abu Rayhan Biruni in Mathematics and Astronomy. It shows the contribution of Abu Rayhan Biruni to the worls civilization.

Ключевые слова: Аль-Бируни, Зидж, Канун, Газна, Салиба, Хайя.

Key words: Al-Biruni, zij, *Qanun*, Gazna, Saliba, *hayʾa*

1. Introduction

Ninety-five of 146 books known to have been written by Biruni, about 65 percent, were devoted to astronomy, mathematics, and related subjects like mathematical geography (Kennedy, p. 152). The mathematical portions of his works were invariably devoted to applied, rather than theoretical, mathematics; nevertheless, in the process of solving problems, Biruni did sometimes indulge in theoretical discussions. Similarly, although his main concern in astronomy was for computations, he also devoted attention to theoretical problems. The following assessment of Biruni's contributions is based on his work in applied mathematics and on the theoretical portions of his astronomical works.

2. Literature Review

In this research, The most recent survey of Biruni's works and biographical sources is that of E. S. Kennedy, "Al-Biruni (or Beruni), Abu Rayhan (or Abuʾl Rayhan) Muhammad ibn Ahmad," in *Dictionary of Scientific Biography* II and should be consulted by any serious reader. A considerably shorter essay by G. Saliba in *Dictionary of the Middle Ages* II, New York, 1983, pp. 248-51, covers some issues not treated by Kennedy and should also be consulted. The main bibliographical essay is still that of D. J. Boilot, "L'œuvre d'al-Beruni. Essai bibliographique," *Mélanges de l'Institut dominicain d'études orientales* ;See also S. Ḥ. Naṣr, *Ketab-shenasi-e tawsiffi-e Abu Rayhan Biruni*, Tehran, 1352 Sh./1973; A. Saʿīd Khan, *Ketab-shenasi-e Abu Rayhan Biruni*, Pers. tr. ʿA. Habibi;On the theoretical issues raised in this article see W. Harmer and M. Schramm, "Al-Biruni and the Theory of the Solar Apogee. An Example of Originality in Arabic Science," in *Scientific Change*, ed. A. C. Crombie, London, 1963, pp. 206-18. A. Jouschkevitch, *Les mathématiques arabes (VIIIe-XVe siècle)*, Paris, 1976. E. S. Kennedy et al., *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut, 1983. R. Rashed, *Entre arithmétique et algèbre* and other works.

3. Research Methodology

This is a qualitative research using the content analysis approach. About more ten scientific works are used to explain how Al-Biruni's books are being studied in European countires. Besides that, the researcher had used journals and articles to collect data related to the research.

4. Findings and Discussions

Theoretical concepts. Biruni's major contribution to astronomy is *al-Qanun al-masʿūdī fi'l-hayʾa wa'l-nojūm* (Masʿudic canon of astronomy), covering the same ground as Ptolemy's *Almagest* but introducing new material. Most of Biruni's original theoretical concepts are to be found in this work. Like the *Almagest*, the *Qanun* contains theoretical derivations of astronomical parameters, as well as tabular functions to facilitate the computation of planetary positions. It thus differs from the works of most of Biruni's predecessors and contemporaries who were concerned only with constructing astronomical tables (*zij*) suitable for computation of planetary positions, usually without any discussion of the derivation of the parameters upon which the tables were based.

Although Biruni did not write texts on algebra or geometry and his arithmetical works have not

survived, he did introduce new mathematical concepts. For instance, in the *Qanun* (bk. 3), in the course of a discussion devoted to the trigonometric functions used in astronomy, he defined the irrational number *pi* as the result of division of two other numbers (the circumference of a circle and the diameter), whereas his predecessors, including the Greek authors, had defined it as a geometric ratio. Elsewhere (bk. 6, chap. 8) he described the variation in the motion of the sun with respect to the earthly observer in mathematical language that modern historians of science have construed as among the earliest references to mathematical functional relationships (cf. Hartner and Schramm). In determining the mobility of the solar apogee, Biruni followed his Muslim predecessors in departing from the traditional Greek astronomy of Ptolemy, but by means of more refined observational techniques he was able to go farther and to discover that the apogee has a motion of its own, distinct from the motion of precession.

In trigonometry his major contributions are to be found in *Ketāb maqālīd ʿelm al-hayʾa* (compendium on astronomy), in which he concentrated mainly on the applications of spherical trigonometry in astronomy and provided a detailed classification of spherical triangles and their solutions; in *Ketāb fī efrād al-maqāl fī amr al-ẓelāl* (exhaustive treatise on shadows), in which he developed the familiar trigonometric definitions further and applied them to such religious practices as determining times of prayer and finding the direction of Mecca; and in the third book of the *Qanun*, in which he propounded trigonometric theorems equivalent to those related to the sums and differences of angles. It was in this last context that he developed his solution to the algebraic equation of the third degree (see below) as part of an attempt to compute the sine of 1°; the iteration method used in this calculation is no less sophisticated than methods developed by theoretical mathematicians. Furthermore, in these works, Biruni not only defined all the trigonometric functions used today but also discussed methods of computing them from a circle with radius R = 1 (still used for this purpose); he also applied fully developed methods of second-order interpolation to computation of the intermediary values of these functions, thus demonstrating a clear understanding of functional relationships.

Elsewhere in the *Qanun* (bk. 6, chap. 10; bk. 7, chap. 8) Biruni showed similar sophistication in handling functional relationships by manipulating the equations of the sun and the moon so that the functions would always be positive; in contrast these relations varied between positive and negative in Ptolemy's (fl. 150) *Almagest* and *Handy Tables*. Biruni also calculated the side of a nonagon, a problem resulting from his attempt to trisect an angle in order to compute the value of the sine of 1° (*Qanun*, bk. 3, chap. 3); his calculations yielded the third-degree equation $1 + 3x = x^3$. He then solved the equation by inspection: root x = 1;50,45,47,13 (i.e. 1.846051929), which is correct to the third sexagesimal fraction (i.e. 1.84605). Theoretical considerations of this kind apparently stirred Biruni's imagination, for he composed a book on the extraction of roots, unfortunately not extant. The most important aspect of this work, however, lay in Biruni's ability to go beyond the strictly geometric approach of the Greeks to tackle the problem of trisecting an angle and in his recognition that algebraic solutions have the desired precision.

Applied mathematics. In mathematical geography Biruni developed a new technique for measuring the difference in longitude between two given cities: He computed the longitudinal difference between Baghdad and Gazna at 24;20°, differing from the modern value by only eighteen minutes. In the same vein he described a method for calculating the circumference of the earth different from those preserved in Greek sources, though it may have been invented during the caliphate of al-Maʾmun (198-201/813-17). In the domain of numerical analysis and approximative techniques, Biruni's ability to conceptualize in functional terms is equally clear. His calculation of the sine and tangent functions and their tabulation in the *Qanun* (bk. 3, chap. 7-8) required him to develop an interpolation scheme involving second-order differences, for he was aware of the failure of a simple linear interpolation to account for extreme variation in functional values. It is curious that Biruni did not adopt the similar, though not identical, method developed by Brahmagupta (b. ca. 598) in the *Khandakhadyaka*; he must have been aware of it, for he quoted from Brahmagupta's book in his own works several times (see *Qanun*, ed. Hyderabad, p. 175 and passim). That he understood the power of his own second-order method of interpolation is apparent from his comment that it could be applied to all other tables.

Biruni's attempts to record and classify all previously known methods for astrolabe projections, as well as methods that he himself proposed, in his comprehensive book on the astrolabe (*Ketab fi estiʿab al-wojuh al-momkena fi sanʿat al-astorlab*) can perhaps also be included in the domain of applied mathematics. The problem of projections as such must have engaged his imagination, for he included some geographical map projections in another of his works *Maqala fi-tastih al-sowar wa tabtih al-kowar*, ed. A. S. Saʿidan, *Derasat* 4, 1977, pp. 7-22). In all his writings Biruni called attention to original concepts, though usually

only in passing. In *Ketab fi estiʿab*, for instance, in discussing an astrolabe invented by his contemporary Abu Saʿid Ahmad Sejzi (ca. 339-415/951-1024), who had assumed for the purpose that the apparent daily rotation of the celestial spheres resulted from the motion of the earth, rather than of the celestial spheres themselves, he commented briefly that, though the motion of the earth is quite possible, the problem was one for natural philosophers, rather than for mathematicians, among whom he counted himself.

Concluding Remarks: Biruni does not appear to have been interested in the genre of astronomical writing in which Ptolemaic planetary models were considered as describing both the apparent motion of the planets and the physical spheres responsible for the kinematic forces acting upon them; this genre included Ptolemy's own *Planetary Hypotheses* and a number of later works usually containing the word *hayʾa* in their titles. The main concern of the authors was either to explain the Ptolemaic models, and thus to explain planetary motion as resulting from the motion of physical spheres, or to suggest new models for resolving the apparent contradiction between the physical and mathematical assumptions underlying the Ptolemaic models. Recent studies of these works are revolutionizing modern understanding of the role of Islamic astronomy in what later came to be known as Copernican astronomy, for the development of non-Ptolemaic models can be viewed as forerunners to Copernicus' own work. (E. S. Kennedy and I. Ghanem, eds., *The Life and Work of Ibn al-Shatir*, Aleppo, 1976, contains a collection of recent, pre-1976, studies dealing with planetary theories; D. King and G. Saliba, eds., *From Deferent to Equant*, Annals of The New York Academy of Sciences 500, 1987, p. xxvi, lists six recent works by G. Saliba.)

Biruni's lack of concern with philosophical matters is apparent in his treatment of Sejzī's assumption about the earth's motion. In addition, he seems to have been content to apply himself to solution of the mathematical and astronomical problems that presented themselves to him, seeking only to achieve greater precision in the derivation of parameters and thus to obtain a better understanding of the relevant phenomena. His main contribution must thus be seen in the comprehensiveness of his work, as in his book on astrolabe construction, and in his continual attempts to formulate concepts like prayer times in mathematical terms. His attraction to sophisticated computational problems thus led him to consideration of more general theoretical questions.

References:

1. The most recent survey of Bīrūnī's works and biographical sources is that of E. S. Kennedy, "Al-Biruni(or Berūnī), Abū Rayḥān (or Abūʾl Rayḥān) Muḥammad ibn Aḥmad," in *Dictionary of Scientific Biography* II, New York, 1970, pp. 148-58, and should be consulted by any serious reader. A considerably shorter essay by G. Saliba in *Dictionary of the Middle Ages* II, New York, 1983, pp. 248-51, covers some issues not treated by Kennedy and should also be consulted. The main bibliographical essay is still that of D. J. Boilot, "L'œuvre d'al-Beruni. Essai bibliographique," *Mélanges de l'Institut dominicain d'études orientales* 2, 1955, pp. 161-256; 3, 1956, pp. 391-96.

2. See also S. Ḥ. Naṣr, *Ketāb-šenāsī-e tawṣīfī-e Abū Rayḥān Bīrūnī*, Tehran, 1352 Š./1973; A. Saʿīd Khan, *Ketāb-šenāsī-e Abū Rayḥān Bīrūnī*, Pers. tr. ʿA. Ḥabībī, Tehran, 1352 Š./1973.

3. On the theoretical issues raised in this article see W. Harmer and M. Schramm, "Al-Biruniand the Theory of the Solar Apogee. An Example of Originality in Arabic Science," in *Scientific Change*, ed. A. C. Crombie, London, 1963, pp. 206-18. A. Jouschkevitch, *Les mathématiques arabes (VIIIe-XVe siècle)*, Paris, 1976. E. S. Kennedy et al., *Studies in the Islamic Exact Sciences*, Beirut, 1983. R. Rashed, *Entre arithmétique et algèbre*, Paris, 1984.

4. https://www.britannica.com/topic/isnad

Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2019