

# ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

Публикации для студентов, молодых ученых и научно-преподавательского состава на [www.t-nauka.ru](http://www.t-nauka.ru)

ISSN 2500-1132    Издательский дом "Плутон"    [www.idpluton.ru](http://www.idpluton.ru)

## Выпуск №61

КЕМЕРОВО 2019

04 ноября 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](http://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

Зими́на Мари́я Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инженерно-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

Шушлебін 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](http://www.idpluton.ru) e-mail: [admin@idpluton.ru](mailto:admin@idpluton.ru)

Подписано в печать 04.11.2019 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. О НОВЫХ ДАННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МУРАДХАНЛЫ...2  
**Сеидов В.М., Шахназаров Э.Э.**
2. ОПАСНОСТЬ СОЦИАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРИИ В УНИВЕРСИТЕТАХ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ.....7  
**Барабанова Е.В., Колесников Л.А., Пименов А.А.**
3. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.....9  
**Ахатов О., Назаров А.Б., Суллиев А.Х.**
4. РЕШЕНИЕ РАЗНОСТНОГО УРАВНЕНИЯ МЕТОДОМ ВАРИЦИИ ПОСТОЯННЫХ (ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ).....11  
**Веретенников В.Н.**

**Сеидов Вагиф Миргамза оглу**  
**Seyidov Vagif Mirqamza oglu**

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, доктор  
технических наук, профессор

**Шахназаров Элшад Элман оглу**  
**Shahnazarov Elshad Elman oglu**

Докторант Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

УДК 55

## **О НОВЫХ ДАННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МУРАДХАНЛЫ**

### **ABOUT THE NEW DATA OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE MURADKHANLY FIELD**

**Аннотация.** В статье анализируется геологическое строение месторождения Мурадханлы согласно геофизическим данным. В итоге были достигнуты некоторые важные результаты.

**Abstract.** The article analyzes the geological structure of the Muradkhanly field according to geophysical data. As a result, some important results were achieved.

**Ключевые слова:** эффузивных пород, мезозой, геологоразведочных работ, отложения, месторождения, разрез

**Key words:** effusive rocks, Mesozoic, geological exploration, deposits, deposits, section

#### **Введение.**

В восточной части Среднекуринской впадины было открыто нефтяное месторождение нового для Азербайджана типа - Мурадханлинское, приуроченное к поверхности эффузивных образований верхнего мела.

Площадь Мурадханлы расположена на реке Кура, на стыке Кюрдамирского, Зардобского и Имишлинского районов Азербайджана [3, 12].

В тектоническом отношении Мурадханлинская площадь приурочена к северо-восточному борту Евлах-Агджабенинского прогиба и является одной из цепи складок Амирарх-Мильской зоны.

В геологическом строении площади принимают участие образования от верхнего мела до антропогена.

В начале верхнего мела (сеноман-туран-сантон-маастрихт по абсолютной геохронологии) площадь Мурадханлинского поднятия была охвачена интенсивными вулканическими проявлениями, приведшими к накоплению здесь эффузивных пород типа андезитов, трахибазальтов и порфиритов.

По поверхности эффузивных пород она представлена куполовидным поднятием простирающаяся с северо-запада на юго-восток, облекаемыми палеоген-миоценовыми отложениями (рис.1).



заложения, по плоскости которых юго-западное крыло относительно свода опущено на 600, а северо-восточное приподнято на 100 м. Для поверхности эффузивов – кора выветривания характерна неровность рельефа и неравномерное развитие трещиноватости.

Строение облекающего комплекса отложений от палеоцена до нижнего миоцена контролируется, в основном, рельефом эффузивов. Однако в отличие от «чистых» поднятий облекания за указанное время в развитии Мурадханлинской складки по мощностям отложений улавливаются также элементы конседиментации. В конце майкопской эпохи поверхность эффузивов полностью перекрывается морскими отложениями; в верхнем миоцене продолжается конседиментационное развитие складки [9, 11].

В скв.27 расположенной в присводовой части юго-западного крыла, из отложений майкопской свиты (интервал 3107-3058 м) получен приток нефти с дебитом 4м<sup>3</sup>/сут. Нефтеносный пласт здесь, представлен маломощным пропластком песчаников, залегающим среди глинистой толщи майкопа.

Установлена также промышленная нефтеносность чокракского горизонта, залежь которого приурочена к присводной части структуры (скв.18 и 6). Следует отметить, что нефть из этого горизонта на юго-западном крыле была получена также из скв.25.

**Результаты и обсуждение.** С палеоценового времени по нижний миоцен происходит дальнейшее расширение контуров бассейна, в результате чего поверхность эффузивных образований от погружений к своду перекрывается все более молодыми отложениями (рис.2). Палеоценовые отложения, представленные туфогенными и красно-бурыми глинами, прослеживаются лишь на погружении юго-западного крыла (скв. 23, 17,8, 21,19).

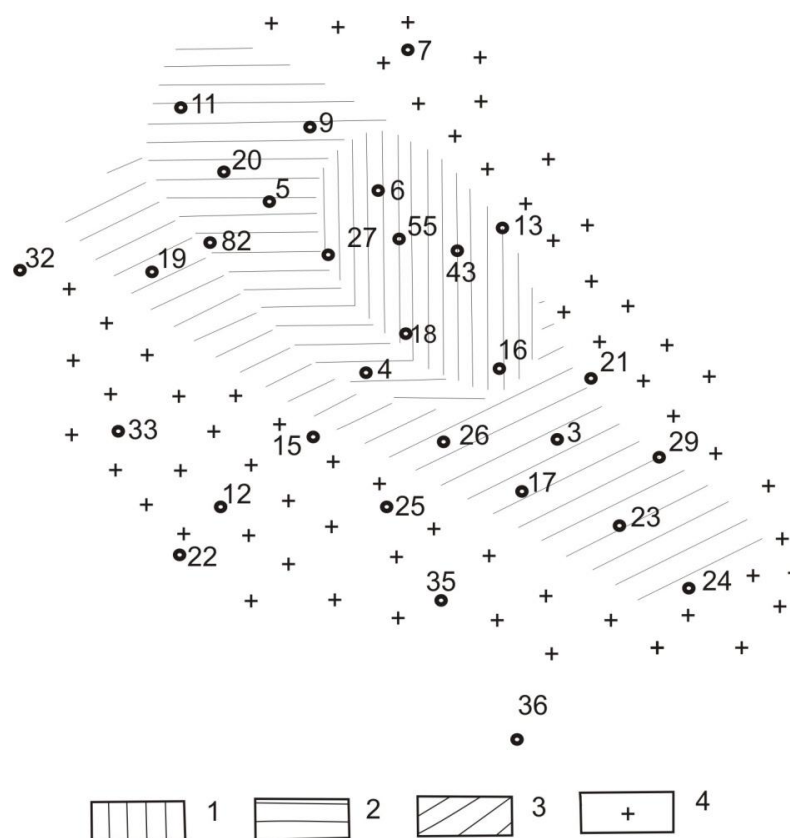


Рис. 2. Палеогеологическая карта перекрытия поверхности эффузивов: 1, 2, 3, 4 – майкопские, эоценовые, палеоценовые, верхнемеловые отложения соответственно

Эоценовые отложения по литолого-петрографическому составу разделяются на три отдела: нижний представлен чередованием туфогенных и мергельно-глинистых образований и облекает поверхность эффузивов на юго-западном крыле; средний выражен в терригенно-карбонатной литофации – чередованием криптозернистых известняков, мергелей, глин, песчаников и других; верхний представлен серыми глинами, зеленовато-серыми и глинистыми мергелями.

Чокракский горизонт представлен чередованием пластов плотных глин, мергелей, доломитов и песков.

Верхнемиоценовые отложения (караган, конк, сармат) выражены серыми и бурыми глинами с

прослоями песчаников, алевролитов и реже - гравелитов. В нижней части разреза залегают пласты мергелей и глинистых мергелей.

Понтические отложения на площади отсутствуют.

Отложения ПТ состоят из чередования серо-бурых глин и песчаников. Нормально осадочными отложениями-глинами, песками и песчаниками представлены также верхнеплиоценовые образования (акчагыльский и апшеронский ярусы). Антропогеновые отложения состоят из чередования песков, глин, супесей, а в верхах разреза - из континентальных образований. В строении площади выделяются три структурных этажа: верхнемеловой (первичное поднятие), палеоген-миоценовый (облекающий комплекс) и плиоцен-антропогеновый (не вовлеченный в складчатость).

Как указано выше, нефтеносность Мурадханлинского месторождения связана с поверхностью эффузивных пород, эоценовыми и чокракскими отложениями (рис.3). Залежь эффузивных образований приурочена к присводовой части и северо-западной периклинали поднятия (скв. 5, 3, 43, 55, 58, 19 и др).

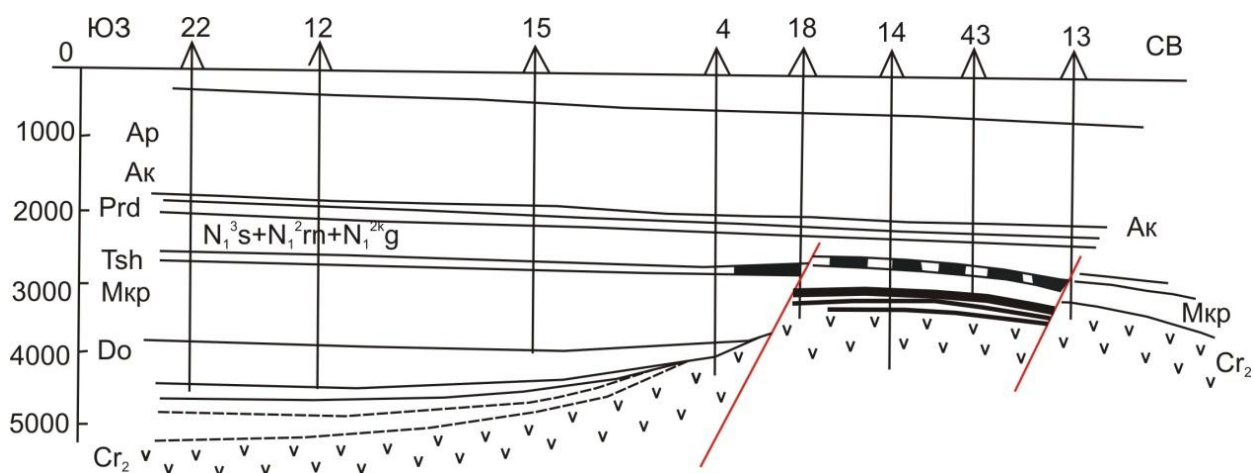


Рис.3. Геологический профиль

В разрезе эоценовых отложений выявлены две самостоятельные залежи: в I мергельной пачке (скв. 8, 17, 23); в надмергельной пачке (скв. 12, 22). Обе эти пачки вверх по восстанию пластов выклиниваются, обуславливая образование стратиграфических и частично литологических залежей. Таким образом, площадь Мурадханлы является многопластовым месторождением с пятью выявленными залежами, одна из которых приурочена к эродированной поверхности эффузивных образований, две – эоценовым и по одной – майкопским и чокракскими отложениями. Говоря о типизации залежей, следует отметить, что залежь эффузивов может относиться к массивно – пластовым, а эоценовых отложений – к стратиграфическому типу. Залежь майкопской свиты, является литологически ограниченной, а чокракского горизонта пластовой.

Отложения эоцена и майкопской свит в головной части поднятия облекают разрыхленные эффузивные породы, насыщение последних правомерно допустить за счет облекающего палеоген – миоценового комплекса отложений.

Как известно, площадь Мурадханлы, в плане совпадающая с одноименным гравитационным максимумом, расположена северо-восточно борта Евлах - Агджабединского прогиба. В ее строении участвуют мезокайнозойские образования. Причем, в «складчатость» вовлечены только верхнемеловые эффузивы и карбонаты, а палеоген - миоценовые образования в виде облекающего комплекса занимают, в основном, погруженные части поднятия. Верхи миоцена и плиоцен – антропогеновые образования залегают почти горизонтально и не участвуют в складчатости. Промышленные притоки нефти получены из разрыхленной части поверхности эффузивов (кора выветривания), из мергельной - песчаной пачки среднего эоцена и из песчаников низов Майкопа, а в 3-х скважинах – из чокракского горизонта.

Специфика геологического строения месторождения требует особого подхода к постановке дальнейших разведочных работ, вскрытия пластов, освоению скважин в разработке месторождения.

#### Заключение:

- открыто перспективное нефтяное месторождение Мурадханлы нового для Азербайджана типа, приуроченное к поверхности эффузивных образований верхнего мела;
- Мурадханлы является многопластовым месторождением с пятью выявленными залежами;

- детальное изучение геологического строения Мурадханлы способствует эффективности поисково-разведочных работ на аналогичных соседних структурах;

- дальнейшие разведочные работы на площади будут продолжены с целью оконтуривания выявленных залежей в эффузивных образованиях верхнего мела, прослеживание нефтеносности терригенно - карбонатных отложений палеоген - миоцена, а также поисков новых залежей в погруженных частях структуры.

**Библиографический список:**

1. Алиев А.И. Нижний этаж нефтегазоносности: перспективное направление поисково-разведочных работ в Азербайджане. Известия Азербайджанской Национальной Академии Наук. Науке земле 2005, №2, стр. 23-32

2. Алиев Г.-М.Ф., Алиев А.А., Велиев С.Р. Условия нефтегазообразования в меловых и палеогеновых отложениях Евлах - Агджабединского прогиба. Геолог Азербайджана. Баку, 2000. №4, стр. 35-44

3. Мехтиев Ш.Ф. и др. Месторождение нефти Мурадханлы. В сборнике «Нефтегазоносность западного Азербайджана». Баку, Издательства «Элм». 1992, стр. 210.

4. Гасанов А.Б., Сеидов В.М., Меликов Х.Ф. Оценка распределения коллекторов в пространстве по комплексу геофизических и петрофизических данных. НТВ «Каротажник», 2008, Выпуск 7(172), стр.50-57.

5. Саатлинская сверхглубокая скважина. Баку, Издательства «Нафта-Пресс», 2000, стр. 157

6. Кочарли Ш.С. Проблемные вопросы нефтегазовой геологии Азербайджана. Баку, Издательства «Ганун», 2015, 278 стр.

7. Кочарли Ш. С. К природе геологических феноменов Азербайджана, Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2001, №3, стр.1-5

8. Мамедов П.З. О причинах быстрого прогибания земной коры в Южно-Каспийской впадине. Азербайджанское нефтяное хозяйство, 2008, №1, стр. 8-19.

9. Мамедов П.З. Сейсмостратиграфические (возрастные) подразделения осадочного чехла ЮКМВ. Стратиграфия и седиментология нефтегазаносных бассейнов, 2007, №1, стр.102-118.

10. Рахманов Р.Р. Закономерности формирования и размещения нефти и газа в мезокайнозойских отложения Евлах-Агджабекинского прогиба. Баку, Издательства «Такрар», 2007, 191 стр.

11. Шилов Г.Я., Худавердиева Л. А. Повышение эффективности изучения известково-мергельных пород методами ГИС на площадях Азербайджана /Тезисы докладов семинара «Определение параметров коллекторов и залежей нефти и газа по материалам ГИС». НТВ «Каротажник, 1992, стр. 62-65.

12. Шихалиев Ю.А., Кочарли Ш.С., Ахмедов А.М. и др. Новые данные о нефтегазоносности Сулейман-Ахтарминской антиклинали. Ggeophysics news in Azerbaijan, №4, 2010, стр.38-41.



**Барabanова Екатерина Вячеславовна**  
**Barabanova Ekaterina Vyacheslavovna**

Студент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«МИРЭА – Российский технологический университет»

**Колесников Лев Алексеевич**  
**Kolesnikov Lev Alekseevich**

Студент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«МИРЭА – Российский технологический университет»

**Пименов Алексей Александрович**  
**Pimenov Aleksey Aleksandrovich**

Студент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«МИРЭА – Российский технологический университет»

УДК 004.58: 159.9.01

## **ОПАСНОСТЬ СОЦИАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРИИ В УНИВЕРСИТЕТАХ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ**

### **DANGER OF SOCIAL ENGINEERING AT UNIVERSITIES AND METHODS OF PROTECTION AGAINST ITS EXPOSURE**

**Аннотация:** в данной статье рассматривается тема социальной инженерии и её методы, которые могут способствовать хищению персональных данных студентов в университетах. Приводятся примеры атак и способы защиты от них. Данная информация позволит улучшить безопасность конфиденциальных данных студентов.

**Abstract:** this article discusses the topic of social engineering and its methods, which can contribute to the theft of personal data of students in universities. Examples of attacks and methods of protection against them are given. This information will improve the security of student confidential data.

**Ключевые слова:** социальная инженерия, сниффинг, фишинг, плечевой серфинг, дорожное яблоко, qr-код.

**Key words:** social engineering, sniffing, fishing, shoulder surfing, travel apple, qr-code.

#### **Введение**

В современном обществе, одну из основных ценностей для человека является его личная информация. Это может быть как конфиденциальные данные, так и различные пароли от аккаунтов. Вопрос безопасности данных должен рассматриваться не только на уровне отдельного индивида, но и на уровне сложных организационных структур, таких как: банки, университеты, государственные учреждения и т.д. Социальная инженерия становится все популярнее, потому что позволяет получить доступ к необходимой информации [1].

#### **Актуальность социальной инженерии**

Сегодня социальная инженерия стала частью информационной среды и интерес к социоинженерной проблематике обусловлен необходимостью создания более совершенных систем защиты от социальных инженеров. Подобная позиция вызвана увеличением ценности информации на мировом рынке. Компании уделяют все больше внимания защите своих данных. Однако, акценты необходимо расставлять так, чтобы все сотрудники компании понимали возможную угрозу. И внести существенные корректирующие изменения, по нашему мнению, позволит использование социальной инженерии в качестве научной дисциплины в университетах. Так как чаще всего именно в них люди начинают сталкиваются с проблемами кражи персональных данных. Для решения социальных проблем в современных условиях требует конкретизации содержания понятия «социальная инженерия», уточнения ее предметной области, определения принципов и выявления проблем социальной инженерии в университетах.

## **Проблема социальной инженерии в университетах**

Университет – это место, где ежедневно обучаются десятки тысяч студентов. Молодое поколение может иметь особый интерес среди социальных инженеров. Ведь большинство студентов пользуются мобильными телефонами, персональными компьютерами и прочей техникой с доступом в интернет. Большинство университетов имеют свою интернет-сеть, которая дает доступ к интернету всем студентам. Тут и возникает проблема, что такая сеть может быть небезопасной и подверженной атакам социальных инженеров.

### **Методы социальной инженерии**

Для того, чтобы обезопасить себя от угроз социальной инженерии, необходимо проанализировать работу основных методов атак [2]. Рассмотрим актуальные способы атак социальных инженеров:

- Сниффинг - техника перехвата данных пользователя находящегося в общественной сети. Социальному инженеру не составит труда подключиться к общей сети и с помощью специальных программ отслеживать на каких сайтах сидят пользователи и похитить их данные.

- Фишинг – вид мошенничества, целью которого является получение конфиденциальных данных пользователей интернета. Осуществляется посредством почтовой рассылки писем от имени популярных компаний или людей. Примером такой атаки в университете может служить рассылка на групповую почту студентов от имени преподавателя. Социальный инженер может замаскировать письмо под учебные материалы и попросить студентов перейти по опасной ссылке. Тем самым заразить компьютер студента.

- Плечевой серфинг – это один из самых старых способов получения информации. Необходимо всего лишь стоять за спиной человека, который вводит пароль на телефоне или компьютере. В институте высокий поток людей и это увеличивает риск атаки социального инженера, который решит подглядеть за жертвой. Большое количество людей позволяет замаскировать данную атаку и снизить вероятность быть обнаруженным.

- Дорожное яблоко – данный метод представляет собой разновидность вирусов, записанных на физические носители, а также персональные компьютеры. В университетах есть компьютерные классы, которыми ежедневно пользуются студенты. Бывают такие ситуации, когда необходимо записать или считать информацию с флеш-накопителя. Используя флеш-накопитель с персональным компьютером, высока вероятность заражения. Нужно быть особо аккуратным с персональными компьютерами в общественных местах, так как существует вероятность потерять свои данные.

- Qr-код – изображение в котором зашифрована какая-то информация. Такой способ хранения информации очень популярен в современном обществе. Популярность заключается в простоте считывания информации с помощью мобильных устройств. Проблема в том, что пользователь не может определить вид информации, пока не считывает ее. Следовательно, социальный инженер может разместить вредоносную ссылку в qr-коде и расположить ее в общественном месте. В университетах часто в qr-кодах хранятся ссылки на расписания, документы, социальные предложения для студентов [3].

### **Заключение**

Таким образом, можно сказать, что социальная инженерия является актуальной проблемой в жизни студентов. Кроме этого, вышеперечисленная информация обуславливает необходимость преподавания социальной инженерии в университетах. Нужно не пренебрегать основными мерами безопасности и следить за своими действиями в сети.

### **Библиографический список**

1. Социальная инженерия и социальные хакеры / М. В. Кузнецов — «БХВ-Петербург», 2007. – 368с.
2. Призрак в Сети. Мемуары величайшего хакера / К. Митник — «Эксмо», 2012. – 524с.
3. Искусство обмана. / К. Митник — «Компания АйТи», 2004, - 408с.

**Ахатов О., Назаров А.Б.**  
**Akhatov O., Nazarov A.B.**

Студенты магистратуры, группа МЕТ-40  
Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Узбекистан

**Суллеев А.Х.**  
**Sulliev A.Kh.**

научный руководитель, к.т.н., доцент  
Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта, Узбекистан

УДК 621.3 (0.75)

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

### AN INCREASE OF EFFICIENCY IS TRANSMISSION OF ELECTRIC POWER

**Аннотация:** Передача электроэнергии на расстояние обусловлена тем, что электроэнергия вырабатывается крупными электростанциями с мощными агрегатами, а потребляется сравнительно маломощными электроприёмниками, распределёнными на значительной территории.

**Abstract:** The transmission of electric power on distance is conditioned by that the electric power is produced by large power stations with powerful aggregates, and consumed comparatively by the low powered electric receivers distributed on considerable territory.

**Ключевые слова:** Предельной мощности по условиям устойчивости, потеря на корону, нагрева проводников.

**Key words:** Maximum power on the terms of stability, losses on a crown, heating of explorers

Одной из основных характеристик электропередачи является её пропускная способность, то есть та наибольшая мощность, которую можно передать по ЛЭП с учётом ограничивающих факторов: предельной мощности по условиям устойчивости, потерь на корону, нагрева проводников и т.д.

Электрическая энергия передаётся преимущественно по воздушным линиям электропередачи (ЛЭП) переменного тока, хотя наблюдается тенденция ко всё более широкому применению кабельных линий и линий постоянного тока [1]. Необходимость передачи электрической энергии на расстояние обусловлена тем, что электрическая энергия вырабатывается крупными электростанциями с мощными агрегатами, а потребляется сравнительно маломощными электроприёмниками, распределёнными на значительной территории. Тенденция к концентрации мощностей объясняется тем, что с их ростом снижаются относительные затраты на сооружение электростанций и уменьшается стоимость вырабатываемой электрической энергии. Размещение мощных электростанций производится с учётом целого ряда факторов, таких, например, как наличие энергоресурсов, их вид, запасы и возможности транспортировки, природные условия, возможность работы в составе единой энергосистемы и т.п. [1].

Мощность, передаваемая по ЛЭП переменного тока, связана с её протяжённостью и напряжением зависимостью.

$$P = \frac{U_1 U_2}{Z_c \sin(\alpha l)} \sin \delta$$

где  $U_1$  и  $U_2$  – напряжения в начале и в конце ЛЭП,  $Z_c$  – волновое сопротивление ЛЭП,  $\alpha$  – коэффициент изменения фазы, характеризующий поворот вектора напряжения вдоль линии на единицу её длины (обусловленный волновым характером распространения электромагнитного поля),  $l$  – протяжённость ЛЭП,  $\delta$  – угол между векторами напряжения в начале и в конце линии, характеризующий режим электропередачи и её устойчивость см [2]. Предельная передаваемая мощность достигается при  $\delta = 90^\circ$ , когда  $\sin \delta = 1$ . Для воздушных ЛЭП переменного тока можно приближённо считать, что максимальная передаваемая мощность

примерно пропорциональна квадрату напряжения, а стоимость сооружения ЛЭП пропорциональна напряжению. Поэтому в развитии электропередач наблюдается тенденция к увеличению напряжения как к главному средству повышения пропускной способности ЛЭП. Повышение пропускной способности ЛЭП переменного тока возможно и путём усовершенствования конструкции линии, а также посредством включения различных компенсирующих устройств [2]. Так, например, на ЛЭП напряжением 330 кВ и выше используется «расщепление» проводов в каждой фазе на несколько электрически связанных между собой проводников; при этом индуктивное сопротивление линии уменьшается, а ёмкостная проводимость увеличивается, что ведёт к снижению  $Z_c$  и уменьшению  $a$ . Одним из способов повышения пропускной способности ЛЭП является сооружение «разомкнутых» линий, у которых на опорах подвешиваются провода двух цепей таким образом, что провода разных фаз оказываются сближенными между собой.

В электропередачах постоянного тока отсутствуют многие факторы, свойственные электропередачам переменного тока и ограничивающие их пропускную способность. Предельная мощность, передаваемая по ЛЭП постоянного тока, имеет большие значения, чем у аналогичных ЛЭП переменного тока [3]:

$$P_{np} = \frac{E_B^2}{2R_\Sigma}$$

где  $E_B$  – напряжение на выходе выпрямителя,  $R_\Sigma$  — суммарное активное сопротивление электропередачи, в которое, кроме сопротивления проводов ЛЭП, входят сопротивления выпрямителя и инвертора. Ограниченность применения электропередач постоянного тока связана главным образом с техническими трудностями создания эффективных недорогих устройств для преобразования переменного тока в постоянный и постоянного тока в переменный. Электропередачи постоянного тока перспективны для объединения крупных удалённых друг от друга энергосистем. В этом случае отпадает необходимость в обеспечении устойчивости работы этих систем [3].

Качество электроэнергии определяется надёжной и устойчивой работой электропередачи, что обеспечивается, в частности, применением компенсирующих устройств и систем автоматического регулирования и управления.

Алюминиевые проволоки, покрывающие стальной сердечник одним, двумя или тремя повивами, являются токоведущей частью провода. Электропроводность стального сердечника мала и потому не учитывается.

В сталеалюминевых проводах с отношением сечения алюминия к сечению стали около 5...6 алюминиевые проволоки принимают 50...60 % полного втяжения по проводу, а остальное – стальной сердечник. При необходимости сочетать малое активное сопротивление провода с очень большой механической прочностью применяют сталебронзовые и сталеалюминевые провода. Они представляют собой сплав алюминия с незначительной долей (около 1,2%) магния и кремния.

Наилучший способ энергоснабжения: например, при высокой калорийности угля (более 17—19 МДж/кг) более целесообразно перевозить его по железной дороге (при условии, что железная дорога уже построена); в ряде случаев оказывается предпочтительнее сооружать трубопроводы для подачи природного газа или нефти.

Анализ энергосистем ряда стран позволяет выделить две основные тенденции их развития: приближение электростанций к центрам потребления в тех случаях, когда на территории, охватываемой объединённой энергосистемой, нет дешёвых источников энергии или когда ресурсы этих источников уже исчерпаны; сооружение электростанций вблизи дешёвых источников энергии и передача электроэнергии на расстояние, к центрам её потребления. Системы электро-, нефте- и газоснабжения должны сооружаться и эксплуатироваться в определённой координации между собой и образовывать единую энергетическую систему страны.

#### **Библиографический список:**

1. Веников В. А., Дальние электропередачи. – М.: Транспорт, 2010 г. 366 с.
2. Свалов С. А., Режимы электропередач 400–500 кВ. ЕЭС. – М.: Транспорт, 2000 г. 410 с.
3. Быков Е.И. Электроснабжение метрополитена. – М.: Транспорт, 2000 г. 431 с.

Веретенников В.Н.

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия

Veretennikov V.N.

Russian state hydrometeorological University

УДК 519.63

РЕШЕНИЕ РАЗНОСТНОГО УРАВНЕНИЯ МЕТОДОМ ВАРИЦИИ ПОСТОЯННЫХ  
(ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ)SOLUTION OF THE DIFFERENCE EQUATION BY THE METHOD OF VARIATION  
CONSTANT (COMPUTATIONAL EXPERIMENTS)

**Аннотация:** Рассматривается метод вариации постоянных численного решения краевой задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка методом сеток. Проводятся вычислительные эксперименты при различной аппроксимации граничных условий и различного способа построения сеточной области. При практической оценке погрешности найденного решения используется двойной пересчет и правило Рунге.

**Abstract:** Considered a method of variation of the constants of the numerical solution of the boundary value problem for second-order ordinary differential equations by the grid method is considered. Computational experiments are carried out for different approximations of boundary conditions and different ways of constructing the grid domain. In practical estimation of the error of the found solution, double recalculation and Runge rule are used.

**Ключевые слова:** краевая задача, метод сеток, вычислительный эксперимент, равномерная сетка, ряд Тейлора, расчетная точка, аппроксимация, разностное уравнение, сеточная функция, рекуррентные формулы, алгоритм, правило Рунге.

**Keywords:** boundary value problem, grid method, computational experiment, uniform grid, Taylor series, calculation point, approximation, difference equation, grid function, recurrent formulas, algorithm, Runge rule.

Описание метода решения. Как известно из курса дифференциальных уравнений краевую задачу

$$p(x)y'' + q(x)y' + r(x)y = f(x), a \leq x \leq b \quad (27)$$

$$\alpha_0 y(a) + \beta_0 y'(a) = \gamma_0, \quad (28)$$

$$\alpha_1 y(b) + \beta_1 y'(b) = \gamma_1, \quad (29)$$

можно было бы решать следующим способом [1]. Возьмем частное решение  $y_0(x)$  неоднородного уравнения

$$p(x)y_0'' + q(x)y_0' + r(x)y_0 = f(x)$$

и два линейно независимых решения однородного уравнения

$$p(x)y_k'' + q(x)y_k' + r(x)y_k = 0, k = 1, 2.$$

Общее решение неоднородного уравнения запишется в виде

$$y(x) = y_0(x) + C_1 y_1(x) + C_2 y_2(x); \quad (30)$$

Постоянные  $C_1$  и  $C_2$  определяем из граничных условий.

Коэффициенты  $p(x)$ ,  $q(x)$ ,  $r(x)$  и правая часть  $f(x)$  считаются непрерывными на отрезке  $[a; b]$ , функция  $p(x)$  положительной,  $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0$ ,

$\alpha_1, \beta_1, \gamma_1$  – заданные постоянные.

Вопросы существования и единственности функции  $y(x)$  рассматриваются в курсе дифференциальных уравнений. Будем предполагать, что  $y(x)$  существует, единственна и существуют производные от  $y(x)$  достаточно высокого порядка.

Приближения к функциям, находим каким-либо численным методом решения задачи Коши, затем определяем  $C_k$  и получаем нужное решение.

Экономнее поступить следующим образом. Находим решения  $y_0(x)$ ,  $y_1(x)$ ,  $y_2(x)$  следующих задач Коши:

$$\begin{aligned} p(x)y_0'' + q(x)y_0' + r(x)y_0 &= f(x), \\ y_0(a) = 0, y_0'(a) &= 0. \end{aligned} \tag{31}$$

$$\begin{aligned} p(x)y_1'' + q(x)y_1' + r(x)y_1 &= 0, \\ y_1(a) = 0, y_1'(a) &= 1. \end{aligned} \tag{32}$$

$$\begin{aligned} p(x)y_2'' + q(x)y_2' + r(x)y_2 &= 0, \\ y_0(a) = 1, y_0'(a) &= 0. \end{aligned} \tag{33}$$

Следовательно, решив задачи (31) – (33), можно, пользуясь (30) и условиями (28) и (29), составить систему для определения  $C_1$  и  $C_2$ :

$$\begin{cases} C_1(\alpha_0 y_1(a) + \beta_0 y_1'(a)) + C_2(\alpha_0 y_2(a) + \beta_0 y_2'(a)) = \\ \quad = \gamma_0 - \alpha_0 y_0(a) - \beta_0 y_0'(a), \\ C_1(\alpha_1 y_1(b) + \beta_1 y_1'(b)) + C_2(\alpha_1 y_2(b) + \beta_1 y_2'(b)) = \\ \quad = \gamma_1 - \alpha_1 y_0(b) - \beta_1 y_0'(b). \end{cases} \tag{34}$$

После решения (34)  $y(x)$  на отрезке  $[a; b]$  находим по (30). Описанный алгоритм имеет существенные недостатки:

- 1) он применим только к решению краевых задач для линейных дифференциальных уравнений;
- 2) при его реализации возможна потеря точности (например, в тех случаях, когда  $y_1(x)$  быстро растет с увеличением  $x$ , а  $y(x)$  - небольшая величина, то достаточно малой погрешности при вычислении  $C_1$ , чтобы погрешность  $y(x)$  была большой).

Для решения задач Коши можно использовать построение схем Рунге-Кутты различного порядка точности. Для этого перепишем задачи (31) – (33) в виде задач Коши для систем дифференциальных уравнений первого порядка:

$$\begin{aligned} y_0'(x) &= S_0(x), \\ p(x)S_0'(x) &= -q(x)S_0(x) - r(x)y_0(x) + f(x), a \leq x \leq b, \\ y_0(a) = 0, S_0(a) &= 0; \end{aligned} \tag{35}$$

$$\begin{aligned} y_1'(x) &= S_1(x), \\ p(x)S_1'(x) &= -q(x)S_1(x) - r(x)y_1(x), a \leq x \leq b, \\ y_1(a) = 0, S_1(a) &= 1; \end{aligned} \tag{36}$$

$$\begin{aligned} y_2'(x) &= S_2(x), \\ p(x)S_2'(x) &= -q(x)S_2(x) - r(x)y_2(x), a \leq x \leq b, \\ y_2(a) = 1, S_2(a) &= 0; \end{aligned} \tag{37}$$

Численное решение задачи состоит в нахождении приближенных значений  $y(x_k)$  искомого решения  $y(x)$  в точках  $x_0, x_1, \dots, x_n$ .

Введём равномерную сетку точек  $x_k = x_0 + kh, h = \frac{b-a}{n}$  и обозначим

$$p(x_k) = p_k, q(x_k) = q_k, r(x_k) = r_k, f(x_k) = f_k, y(x_k) = y_k.$$

Описанный алгоритм реализован в виде программы на Турбо-Паскале, предназначенной для решения краевой задачи (27) – (29) для линейного дифференциального уравнения второго порядка.

*Входные параметры:*  $a, b$  - значения левого и правого концов отрезка  $[a; b]$ ;

$a_0, b_0, g_0$  - константы, входящие в граничные условия на левом конце отрезка  $[a; b]$ ;

$a_1, b_1, g_1$  - константы, входящие в граничное условие на правом конце отрезка  $[a; b]$ ;

$Px, Qx, Rx, Fx$  - имя функций, вычисляющих значения функций

$$p(x), q(x), r(x), f(x);$$

$N$  - число частей, на которое делится отрезок  $[a; b]$  узлами сетки;

$Lp, Kp$  - рабочие массивы, размерности  $N + 1$  каждый.

$Yi$  - двумерный рабочий массив, размерности  $(N + 1) \times 3$ ;

$EULER, EK, RK$  – процедуры решения задач Коши соответственно по формулам Эйлера, Эйлера-Коши и Рунге-Кутта на прямом ходе.

*Выходные параметры:*  $Y$  – массив из  $n + 1$  чисел, содержащий вычисленное приближенное значение решения  $y(x)$  задачи (27) – (29) в узлах сетки.

Перед обращением к программе необходимо:

- 1) составить функции (FUNCTION)  $Px, Qx, Rx, Fx$  вычисления коэффициентов уравнения  $p(x), q(x), r(x), f(x)$ ;
- 2) присвоить фактические значения параметрам  $a, b, a0, b0, g0, a0, b0, g1, n$ .
- 3) Выбрать метод (Эйлера, Эйлера-Коши или Рунге-Кутта), который будет использован при решении задач Коши.

Далее в таблицах приведены решения примеров 1-3.

Таблица 11 (пример 1)

$k$	$x_k$	Методы			$y(x_k)$
		Эйлера	Эйлера-Коши	Рунге-Кутта	
		$y_k$	$y_k$	$y_k$	
0	1.0	0.5000	0.5000	0.5000	0.5000
1	1.3	0.4724	0.4645	0.4644	0.4588
2	1.6	0.3415	0.3246	0.3244	0.3121
3	1.9	0.1314	0.1061	0.1058	0.0866
4	2.2	-0.1239	-0.1559	-0.1561	-0.1815
5	2.5	-0.3833	-0.4193	-0.4196	-0.4496
6	2.8	-0.6007	-0.6374	-0.6377	-0.6697
7	3.1	-0.7257	-0.7595	-0.7597	-0.7906
8	3.4	-0.7050	-0.7318	-0.7319	-0.7576
9	3.7	-0.4824	-0.4981	-0.4981	-0.5137
10	4.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Таблица 12 (пример 2)

$k$	$x_k$	Методы			$y(x_k)$
		Эйлера	Эйлера-Коши	Рунге-Кутта	
		$y_k$	$y_k$	$y_k$	
0	0.0	1.0124	0.9965	0.9964	1.0000
1	0.1	1.1228	1.1063	1.1061	1.1100
2	0.2	1.2540	1.2368	1.2367	1.2408
3	0.3	1.4080	1.3901	1.3900	1.3942
4	0.4	1.5878	1.5695	1.5694	1.5735
5	0.5	1.7987	1.7802	1.7801	1.7840
6	0.6	2.0480	2.0298	2.0297	2.0333
7	0.7	2.3462	2.3293	2.3292	2.3323
8	0.8	2.7083	2.6942	2.6941	2.6965
9	0.9	3.1556	3.1466	3.1465	3.1479
10	1.0	3.7183	3.7183	3.7183	3.7183

Таблица 13 (пример 3)

$k$	$x_k$	Методы		
		Эйлера	Эйлера-Коши	Рунге-Кутга
		$y_k$	$y_k$	$y_k$
0	0.1	-1.2350	-1.2435	-1.2434
1	0.2	-1.3324	-1.3409	-1.3409
2	0.3	-1.4171	-1.4256	-1.4255
3	0.4	-1.4884	-1.4967	-1.4966
4	0.5	-1.5457	-1.5538	-1.5537
5	0.6	-1.5885	-1.5963	-1.5962
6	0.7	-1.6166	-1.6242	-1.6241
7	0.8	-1.6302	-1.6375	-1.6374
8	0.9	-1.6295	-1.6366	-1.6365
9	1.0	-1.6154	-1.6222	-1.6222
10	1.1	-1.5888	-1.5957	-1.5956

При практической оценке погрешности найденного решения обычно используют двойной пересчет и правило Рунге [7]. В таблице 14 приведены приближенные оценки погрешности значений  $y_k^{(i)}$  по правилу Рунге в каждом узле, полученные с шагами  $h = 0.1$  и  $\frac{h}{2}$  соответственно.

Таблица 14

$k$	$x_k$	Погрешность методов		
		Эйлера	Эйлера-Коши	Рунге-Кутга
		$\varepsilon_k$	$\varepsilon_k$	$\varepsilon_k$
0	0.1	0.0016	0.0007	0.0007
1	0.2	0.0016	0.0007	0.0007
2	0.3	0.0015	0.0008	0.0008
3	0.4	0.0014	0.0009	0.0009
4	0.5	0.0013	0.0010	0.0010
5	0.6	0.0011	0.0011	0.0011
6	0.7	0.0010	0.0012	0.0012
7	0.8	0.0008	0.0013	0.0013
8	0.9	0.0007	0.0015	0.0014
9	1.0	0.0005	0.0016	0.0016
10	1.1	0.0004	0.0017	0.0017

Анализ результатов вычислительного эксперимента позволяет сделать выводы и об аппроксимационных свойствах схемы и о выборе сеточной области для различных методов решения задачи Коши.

Внимательному и мыслящему читателю советуем сравнить результаты вычислительных экспериментов с методом прогонки [2], методом ортогональной прогонки [3].

#### Библиографический список:

1. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы: Учебное пособие. - М.: Наука. 1987. - 600 с.
2. Веретенников В.Н, Большаков В.А. Решение разностного уравнения методом прогонки (вычислительные эксперименты). ТНЖ Точная наука № 59. XLVI Международная научная конференция «Техноконгресс» - Кемерово. - 2019
3. Веретенников В.Н., Большаков В.А. Вычислительный эксперимент при решении разностного уравнения методом ортогональной прогонки. ТНЖ Точная наука № 60 - Кемерово. - 2019









Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2019