

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Кафедра математики
Кафедра технологических машин и оборудования

**РОЛЬ МАТЕМАТИКИ
В СТАНОВЛЕНИИ СПЕЦИАЛИСТА**

**Материалы
Всероссийской научно-методической конференции**

Уфа
Издательство УГНТУ
2016

УДК 378
ББК 74.58
Р 68

Редакционная коллегия:
Исмаков Р.А. (отв. редактор)
Фаткуллин Н.Ю.
Шамшович В.Ф.
Латыпов Б.М.
Зинатуллина Э.Я. (отв. секретарь)

Рецензент:
доктор технических наук, ведущий специалист
департамента развития систем мониторинга
ООО «РН-УфаНИПИнефть» *К.Р. Уразаков*

Р 68 Роль математики в становлении специалиста: материалы Всероссийской научно-методической конференции / редкол.: Р.А. Исмаков и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2016. – 120 с.

ISBN 978-5-7831-1368-0

Всероссийская научно-методическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Роль математики в становлении специалиста» проводилась с целью ознакомления студентов направления «Технологические машины и оборудование» профиля «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов» с использованием математики в сфере их будущей профессиональной деятельности.

В сборник включены материалы докладов студентов, аспирантов и молодых ученых в области инженерно-технических исследований с применением методов математического анализа.

УДК 378
ББК 74.58

ISBN 978-5-7831-1368-0

© ФГБОУ ВО «Уфимский государственный
нефтяной технический университет», 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Актуальные проблемы методики обучения дисциплине "Математика" в высшем техническом учебном заведении Шварева Е.Н., Сокова И.А.	6
Роль математики в формировании профессиональных компетенций Габдрахманова К.Ф.	9
Значение математической подготовки в процессе становления бакалавра по направлению «Прикладная информатика» Раскина И.И., Курганова Н.А.	14
Способы формирования положительной мотивации при дистанционной поддержке очного обучения Сокова И.А., Шварева Е.Н.	19
Возможности кластерного анализа в изучении экономических характеристик Абдуалиев А.С.	22
Использование дифференциальных уравнений в расчетах задач на упругие деформации объектов Губайдуллин А.С., Захарова М.А.	24
О применении обратных задач Акмадиева Т.Р., Захарова М.А.	27
Применение методов распознавания образов при составлении рекомендаций по рациональной работе струйных гидравлических смесителей в установке подготовки высокосернистой нефти на промыслах Галиакбарова Э.В., Фаннаков В.С., Родионов А.О.	30
Применение имитационного моделирования для проектирования струйных смесителей Галиакбарова Э.В., Сухарев К.В., Насырова М.М.	34
Расчет параметров корреляционной зависимости водопотребления в Башкирии Барина Н.А., Шварева Е.Н.	39
Диагностика магистральных трубопроводов нефти, нефтепродуктов или газа Галиакбарова Э.В., Хакимова З.Р., Якубова Д.Ф.	43
Разработка зависимости по определению площади пролива горючих жидкостей Краснов А.В., Рахматуллина Э.Ф.	46
Математическая модель крутильных колебаний штанговой колонны винтовой насосной установки Хусаинова А.Р.	48
Нейронные сети – универсальный инструмент анализа Шамшович Е.О.	51

Приложения метода Монте-Карло в решении технических задач Шамшович Е.О.	54
Нахождение интегрирующего множителя, зависящего от частного двух переменных Шварев А.А., Якупов В.М.	56
Применение сингулярной матрицы в химии Шавалиева Э.Р.	58
Анализ технологических процессов нефтепереработки матричными моделями Ляпкина Т.П.	60
Применение теории нечетких множеств в задачах добычи и транспортировки нефтепродуктов Андаров Т.С.	63
Приближенное решение математической модели остывания магистрального нефтепровода Михайлова М.Р.	65
Роль математической компетенции в подготовке будущих инженеров нефтегазового профиля Потанина О.В.	70
Анализ добычи нефти ПАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ» (СИБНЕФТЬ) с 1998 года по 2015 год Мурашкинцева Е.А., Шварева Е.Н.	76
Реализация технического диагностирования УЭЦН на основании эвристических правил Валиахметов Р.И.	79
Современные методики лабораторных испытаний шарошечных долот Головкин М.С.	82
Необходимость учета вибрации при конструировании элементов бурильной колонны Заляев М.Ф.	85
Новая методика расчета вооружения шарошечного долота Головкин М.С.	88
Применение вероятностно-статистических методов при реализации технического диагностирования породоразрушающего инструмента Шубин С.С.	90
Подбор и применение демпферов бурильной колонны Бадретдинов Т.В.	93
Влияние приработки резьбового соединения на момент отворота Дронов А.А.	95
Оценка технического состояния УЭЦН Дулов А.С.	97
Анализ отказов основных узлов скважинного трактора Ильин С.В.	99

Оценка технического состояния УШВН Нурмухаметов А.М.	101
Вибрационная диагностика стенда цепного привода скважинных штанговых насосов Ленков С.Н.	103
Анализ повреждений узлов газосепаратора УЭЦН Соболева Д.И., Ишемгужин И.Е.	103
Инерционный метод контроля качества цепных передач инжектора колтюбинговой установки Лукманов Т.А.	106
Определение неисправностей в клапанном узле штангового скважинного насоса Немирович Д.А.	108
Диагностирование гидромеханического щелевого перфоратора Мурзагулова Е.А., Назаров С.В.	110
Искусственная кольматация стенок ствола скважины в процессе вскрытия продуктивного пласта бурением Потапов Д.Н., Янтурин А.Ш.	111
Исследование влияния регулирующего устройства осевой нагрузки в наклонно-направленных и горизонтальных скважинах Исламов Д.Р.	113
Особенности условий эксплуатации штанговых винтовых насосных установок оборудованных полыми штангами УШВН Павлов Г.В.	115
Способы профилактики АСПО внутрискважинного оборудования Идрисов Э.М.	116
Методы контроля виброволнового воздействия на призабойную зону пласта (ПЗП) Назарова Е.С.	118

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ
ДИСЦИПЛИНЕ «МАТЕМАТИКА» В ВЫСШЕМ ТЕХНИЧЕСКОМ
УЧЕБНОМ ЗАВЕДЕНИИ**

Е.Н. Шварева (ст. преподаватель), И.А. Сокова (ст. преподаватель)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Подготовка выпускника технического университета требует прочных математических знаний, отвечающих сегодняшним реалиям. В связи с этим необходимы инновационные методы преподавания. Активные и интерактивные занятия в комплексе с дистанционной поддержкой нужно направлены на формирование и развитие профессиональных навыков обучающихся. Требование настоящего времени - выработка математического мышления, способствующего разбираться в реальных процессах. Цель преподавателя - научить обучающихся пользоваться математикой как инструментом для познания и исследования мира.

Ключевые слова: образование, методика, преподавание, дистанционная поддержка обучения, интерактивные методы преподавания, знания.

Концепция развития математического образования в РФ утверждена постановлением Правительства РФ №2506-Р (24.12.13). Цель концепции - вывести российское математическое образование на лидирующее мировые позиции. Подготовка студента технической специальности нуждается в качественных математических знаниях, отвечающих сегодняшним требованиям бурно развивающегося технического прогресса. В связи с этим необходимы инновационные методы преподавания.

И входной контроль знаний, формы и методы организации промежуточной аттестации [3, с. 63], чтение лекций с использованием мультимедиа или онлайн, интерактивность [7, с. 105], дистанционная поддержка обучения [4, с. 84], провоцирование самостоятельного обучения, учёт особенностей образовательных стандартов специальности, внутрипредметные и межпредметные связи, итоговый контроль и разработка рейтинговой системы оценки знаний должны быть направлены на повышение качества математического образования в высших технических учебных заведениях [9, с. 255]. На развитие активности, инициатив и научной деятельности обучающихся должны быть устремлены инновационные методы и технологии преподавания [5, с. 185]. Очень важной составляющей образовательного процесса необходимо сделать самостоятельную работу обучающихся, активизируя и обеспечивая её дистанционной поддержкой обучения [6, с. 46].

Активные и интерактивные формы проведения занятий в согласовании с дистанционной поддержкой должны быть направлены на формирование и развитие профессиональных навыков обучающихся [8, с. 140]. Учебный

процесс должен содержать компетентностный подход. Немаловажную роль играет и подготовка, и подбор кадров, грамотных экспертов [2, с. 4] и мониторинг качества образования педагогической деятельности [1, с. 214]. В 1911 г. прошёл первый Всероссийский съезд преподавателей математики. Обсуждаемые на съезде вопросы и принятые заключения актуальны и в наши дни.

Понимание задачи образования в начале XX века: «Дать образование, возбуждающее работу мысли и интерес к знанию в различных областях наук, результаты которых сделались достоянием человечества». В тот период считалось, что математика является средством развития логического мышления. Но логическое мышление без учета его содержания рассматривать нерационально. Умение делать правильные выводы в области математики не всегда помогает сделать верное заключение в реалиях. Поэтому существенно не только умение доказывать, но и понимание того, о чем идет разговор. Цель преподавателя математики - выработать у учащегося математическое мышление, которое будет помогать разбираться в реальных процессах.

Значение математики признается всеми. Но у многих возникает трудность в освоении этого предмета. Содержание математики наиболее отвлечено от реальных процессов в отличие от других предметов. Ее знания опираются на свои внутренние материалы и не проверяются и не подтверждаются исследованиями из других областей. Но при ее преподавании нужно отходить от самоизолированности. Ведь именно математика изучает измеряемую сторону всех явлений мира. Ее приложение к исследованию реальных процессов безгранично. Замкнутость математики уникальна, но бесполезна. А при ее применениях она становится важнейшей наукой, влияющей на развитие других наук. Преподавателям не следует игнорировать конкретные жизненные факты. Все это необходимо учитывать в преподавании математики и бороться с рутиной.

Математика впервые была введена в светские школы в эпоху возрождения под влиянием потребностей жизни. Позже, с большим трудом, математика отвоевала себе роль предмета, развивающего мышление. Изменения в отношении к математике сказывались на изменениях содержания задач. Задачи должны иметь отношение к жизни. Задачи, оторванные от жизни, следует адаптировать к реальным процессам. При подборе заданий необходимо заботиться об их соответствии реалиям. Методы преподавания должны развивать реальное восприятие. Задача преподавателей математики состоит в том, чтобы научить не только навыкам технической ловкости при обращении с числами и формулами, но и научить смотреть на окружающий мир с точки зрения количественных соотношений. А также следует раскрыть суть математики как тонкого орудия для исследования законов природы.

Математика приводит в порядок наше представление о действительности и цель преподавателя - научить студентов пользоваться этим инструментом.

Список литературы

- 1 Баринаева Н.А. Умения мониторинга качества образования в структуре педагогической деятельности //Сибирский педагогический журнал.- 2009.- № 5.- С. 212-218.
- 2 Баринаева Н.А., Смагина Е.Н. Экспертное прогнозирование в педагогике// Современные подходы в формировании будущих специалистов по физическим и математическим дисциплинам: Сборник тезисов Научной студенческой конференции.- 1999, С. 4-5.
- 3 Бахтизин Р.Н., Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В.Ф. Балльно-рейтинговая система оценки знаний студентов по математике с использованием информационно-коммуникационных технологий в ГОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» //Moscow education online 2010: четвертая Международная конференция по вопросам обучения, сборник тезисов докладов конференции.- М., 2010.- С. 62-64.
- 4 Вайндорф-Сысоева М.Е., Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В.Ф. Проверка педагогической гипотезы о повышении рейтинговых характеристик студентов при введении в учебный процесс консультационных занятий в дистанционном формате //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки.- 2014.- Т. 6.- № 3.- С. 82-88.
- 5 Фаткуллин Н.Ю., Бахтизин Р.Н., Шамшович В.Ф. Диагностика и прогнозирование успешности процесса обучения учащихся на основе применения нейронных сетей //Образовательная среда сегодня и завтра: материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. Федеральное агентство по образованию.- М., 2009.- С. 184-187.
- 6 Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В.Ф., Бахтизин Р.Н. Практическая реализация методов дистанционного обучения на основе информационно-коммуникационных технологий при балльно-рейтинговой системе оценки знаний //Дистанционные технологии в учебном процессе: тезисы докладов научно-методического семинара. Иркутский государственный технический университет; под редакцией В.В. Елшина.- Иркутск, 2010. С. 46-47.
- 7 Филиппов В.Н. Информационные технологии в обеспечении качества учебного процесса /В.Н. Филиппов, Р.Н. Хлесткин //III тысячелетие – новый мир: Труды международного форума по проблемам науки, техники и образования. – М.: Академия наук о Земле, 2008. – С. 105
- 8 Филиппов В.Н. Особенности подготовки программистов для нефтяной отрасли /В.Н. Филиппов, А.А. Альмухаметов //Научно-технический потенциал Башкортостана: формирование, использование, перспективы: Сборник статей республиканской научно-практической конференции к 450-летию добровольного вхождения Башкирии в состав России /УГАТУ. - Уфа, 2007. – С. 140.
- 9 Шамшович В.Ф. Внедрение балльно-рейтинговой системы оценки знаний студентов с использованием информационно-коммуникационных технологий и поведение процедур мониторинга и прогнозирования оценки

успеваемости студентов по математике методами нейросетевых технологий/ Н.Ю. Фаткуллин, В.Ф. Шамшович, Р.Н. Бахтизин// Материалы второй всероссийской научно-практической конференции (Казань, 16-22 апреля 2010 года) «Электронная Казань 2010» ; редкол. : К. Н. Пономарев (пред.) и др. –Казань : ЮНИВЕРСУМ, 2010. 354 с. С.255-258.

УДК 378.174

РОЛЬ МАТЕМАТИКИ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

К.Ф. Габдрахманова (доцент)

Филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Октябрьском

Аннотация. В статье раскрыты пути и способы повышения качества подготовки выпускников по направлению «Нефтегазовое дело» через реализацию компетентностного подхода к модернизации содержания профессионального образования. Автором подчеркивается значение дисциплины «математика» как основы профессиональной подготовки, особое внимание уделяется определению видов компетенций и формированию общепрофессиональных способностей бакалавров. Рассмотрен опыт реализации данной технологии при изучении дисциплины «Математика» в нефтяном техническом университете в соответствии с требованиями стандартов третьего поколения. Предложена технология формирования профессиональных компетенций. В статье приведены этапы организации процесса обучения при реализации технологии задачного подхода в обучении.

Автор раскрывает сущность математической задачи как основного средства формирования компетентности студентов технических вузов и предлагается конкретная методика формирования ключевых компетенций через решения технологических задач.

Ключевые слова: профессиональная компетенция, основы профессиональной подготовки будущих инженеров, задача как средство формирования профессиональных компетенций.

Общемировые тенденции в образовании, выраженные в интеграции национальных систем образования, в подготовке бакалавров, предполагает и изменения в подходах обучения и пересмотра форм организации учебной, научно – исследовательской деятельности студентов, в частности бакалавров. Введение новой парадигмы в образовании способствует вытеснению традиционных когнитивных ориентаций образования. Также введение компетентностного подхода предполагает внедрение нового содержания образования, его методов и технологий.

Процесс формирования математической компетенции у будущих инженеров обуславливает подготовку их технической деятельности, связанной с умением решать реальные производственные задачи.

Понятие «задача» является одним из фундаментальных понятий математики. В настоящее время существуют разные подходы в толковании этого понятия.

В самом общем значении задачу можно трактовать как цель, которую необходимо достигнуть, как вопрос, требующий решения на основании определенных знаний.

Анализируя различные трактовки, определения «задача» можно заметить, что оно во многом определяется, в каком отношении находятся между собой понятия субъект и задача.

Сторонники трактовки задачи как ситуации, в которой должен действовать субъект, явно включают его в само понятие задачи. В своих работах Ю.М. Колягина, и Г. И. Саранцева, отмечают, что без субъекта нет задачи, что для одних поставленное условие является задачей, для других оно может и не быть [1].

Л. М. Фридман определяет задачу как модель проблемной ситуации, выраженную с помощью знаков некоторого искусственного и естественного языка и проблемную ситуацию, считает исходной.

В своих же работах, А. М. Леонтьев, рассматривает задачу, в которой все компоненты являются математическими объектами, решаемыми математическим аппаратом [3].

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что представление о задачах зависит от области знания, которую она отражает. Используя этот термин, необходимо указывать, какое содержание приписывается понятию «задача».

Основным признаком задачи является временное отсутствие путей ее решения, т. е. отсутствие в сознании обучаемого логической последовательности определенных операций, связывающих условие задачи с ее требованиями [4].

С.Ф. Дорофеев рассматривает задачу как определенную ситуацию субъект – объектной категории, которую нужно разрешить с учетом условий, указанных в ней.

Мы придерживаемся точки зрения Ю.М. Колягина, Г.И. Саранцева, Л.М. Фридмана, С.Н. Дорофеева и понимаем под задачей деятельность субъекта как систему процессов решения проблемы, состоящую не только из нормативных, но и творческих компонентов деятельности, не только представленных извне, но и связанных с устремлениями его личности.

Исходя из вышеизложенного, мы считаем, что формирование профессиональной компетенции возможно с помощью решения задач, которые представляют собой синтез предметных и профессиональных условий.

Нами внесен определенный вклад в дискуссию по реализации принципов компетентностного подхода при подготовке бакалавров технических специальностей.

Очевидными на данный момент проблемами по реализации основных образовательных программ бакалавриата, т.е. процесса обучения на языке компетенций, являются:

- отсутствие методического инструментария, позволяющего формировать и оценивать компетенции выпускников; разработка и внедрение системы объективных диагностических образовательных процедур.

Цель исследования: предложить вариант решения проблемы, связанной с формированием и оценкой уровня приобретенных компетенций, при реализации основной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело». Исследования проведены на примере усвоения программы дисциплины «Математика». Далее рассмотрены содержательные модели процесса формирования и оценивания наиболее значимых общекультурных и профессиональных компетенций типа ОК-1; ПК-1; ПК-2; ПК-4; ПК-6, ОПК-1, ОПК-2 ОПК-4 ПК-23. С нашей точки зрения, технология обучения студентов решению математических моделей профессиональных задач должны осуществляться поэтапно; а именно:

на первом этапе должны рассматриваться алгоритмические задачи;

на втором этапе необходимо рассматривать задачи на эвристическом уровне, нацеленные на формирование умений решать технологические проблемы;

на третьем этапе необходимо использовать задачи, ориентированные на формирование умений решать прикладные практические проблемы на обобщенном уровне.

Задачный подход в реализации компетентностного подхода сочетается с синергетическим подходом. Синергетика, как отмечает В. Милушев, показывает, что путь в будущее для сложных нелинейно развивающихся систем, каковыми являются будущая профессиональная деятельность, всегда неединственен [6]. Таким образом, организация обучения в контексте синергетического подхода приводит к формированию умения самообучения типа «как». Степень же познавательной самостоятельности обучаемого, способность использовать фундаментальные знания в своей профессиональной деятельности зависит от того, сформированы ли следующие *умения*, как-то:

- 1) видеть проблему в задаче и осознавать ее;
- 2) формулировать способы решения этой задачи;
- 3) обосновать способы решения данной задачи;
- 4) применить на практике найденный способ решения.

Подобными умениями можно овладеть в процессе обучения математике, на основе методической системы, которая направлена на формирование профессионально – ориентированных умений. Построенная нами математическая система соответствует основным принципам синергетики, так как наряду со свойствами свободного саморазвития, самоорганизации, жизнеспособности ей необходимы и свойства неравновесия, неустойчивости, нелинейности и. т.д.

Решение профессионально – ориентированных задач подталкивает студента к точке бифуркации, дает толчок поиска выхода из прежнего, устойчивого знания к новому – это и есть путь саморазвития.

По нашему мнению, именно задачный подход в обучении математике, способствует развитию у студентов синергетического действия, обусловленного стремлением их к повышению уровня своих знаний с учетом собственных возможностей и способностей.

Синергетика дает возможность переформулировать вопросы, переконструировать проблему, что позволяет осуществить качественную подготовку студентов.

Остановимся подробнее на технологии формирования профессиональной компетенции ПК-1 «самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии».

Организация процесса: решение задачи технологического содержания, например, после изучения теоретического материала по теории вероятностей [7], предлагаются задачи такого типа: «В нефтеносном районе бурят одновременно 6 скважин. Каждая скважина вскрывает месторождения независимо от других с вероятностью 0,1. Какова вероятность вскрытия месторождения? Сколько нужно пробурить скважин, чтобы вероятность вскрытия месторождения превысила: а) 0,7; б) 0,8; в) 0,5; г) 0,9?»

Методика обучения:

Основные этапы организации обучения сценарию деловой игры «Условная вероятность. Вероятность наступления хотя бы одного события из полной группы событий»

I этап. Проверка и закрепление уровня знаний, обучающихся по вопросам, относящимся к содержанию данной темы.

II этап. Выбор формул и методов решения. Коллективное обсуждение решения задачи в группах. (Деление участников на малые творческие коллективы (3-5 чел.), каждая группа решает свой вариант).

III этап. Решение задачи в малых группах, подготовка выступлений на обсуждение решения задачи. Мониторинг работы каждого участника с выставлением и объяснением оценок за индивидуальную работу.

IV этап. Решение подпроблемы: оценить влияние одного из критериев вероятности вскрытия месторождения. Обсуждение результатов с выставлением баллов.

V этап. Подведение итогов игры, анализ ошибок, причины выставления поощрительных и штрафных баллов. Обсуждение полученных итоговых оценок.

Постановка задач такого типа, дает возможность на базе имеющихся теоретических знаний, найти способы их конкретного решения и формированию компетенций.

Другим приемом формирования профессиональной компетенции ПК-4 «владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, работать с компьютером как средством управления

информацией» является выполнение лабораторных работ в виде технологических заданий [7,8], использование пакета компьютерных программ для выполнения и анализа результатов вычислительных экспериментов, типа: «На основании геологических данных Бавлинского месторождения произвести расчет запасов нефти и изменения среднего пластового давления в пределах нефтяной залежи».

Методика обучения:

I этап: изучить результаты геологических изысканий и определить методы проведения расчетов;

II этап: решить поставленную задачу с использованием пакета MathCAD.

III этап: подготовить анализ полученных результатов и подготовить отчет малых групп.

Методическая ценность выполнения заданий подобного рода заключается, прежде всего, в том, что у студентов формируется не только устойчивые математические знания, но и умение применять методы решения задач в реальных ситуациях.

Таким образом, как показывает наш опыт и анализ специальной литературы, с целью формирования у студентов технического вуза, профессиональной компетенции посредством дисциплины «математика» необходимо более активно использовать задачный подход, позволяющий формировать способность решать профессиональные задачи посредством математического моделирования, умения устанавливать связи математических знаний с содержанием курсов спецдисциплин.

Выводы:

1. Разработана методология формирования и оценивания уровня знаний, умений и приобретенных общекультурных, профессиональных компетенций выпускников бакалавриата по направлению технических специальностей.

2. Основу методологии составляют следующие принципы:

- максимальное приближение объекта учебного и научного исследования к будущей профессиональной деятельности, с использованием задач технического содержания;

- комплексное использование методов математического моделирования и выполнения вычислительных экспериментов с помощью известных математических пакетов;

- организация и проведение интерактивных форм учебного процесса с выделением и поддержкой процессов самоанализа и самодиагностики.

Список литературы

- 1 Куприч, В.И. Теоретические основы обучения решению школьных математических задач /В.И. Куприч.-М.:Прометей,1995.-210с
- 2 Саранцев, Г.И. Функции задач в процессе обучения/ Г.И. Саранцев, Е.Ю. Миганова// Педагогика.-2001.-№9-19-24с
- 3 Колягин, Ю.М. Задачи в обучении в математике: математические задачи как средство развития учащихся/ Ю.М. Колягин.-М.:Просвещение,1977,-чI-II.-

254с.

- 4 Саранцев Г.И. Упражнения в обучении математике/ Г.И. Саранцев.-М.: Просвещение. 2005.-255с.
- 5 Дорофеев, С.Н. /Задача как средство формирования у студентов технических вузов математических компетенций/С.Н. Дорофеев, В.Г. Плохова// Известия высших учебных заведений. Приволжский район. Гуманитарные науки.- 2009.-№3(11).- с.123-131.
- 6 Милушев, В.Б. (2009) Принципы синергетики и их конкретизация при обучении математике. – In: Didactics of mathematics: Problems and Investigations. Issue # 32, p. 7-15.
- 7 Гуторов, Ю.А. Теория вероятностей и математическая статистика в примерах и задачах по разработке нефтяных месторождений/Ю.А. Гуторов, К.Ф. Габдрахманова, П.А. Ларин \\\-Уфа: 2013, 147с.
- 8 Габдрахманова, К.Ф. Прикладные методы решения задач в нефтегазовом деле. Часть I.\ Габдрахманова К.Ф., Усманова Ф.К.\\ -Уфа: 2013 197с.

УДК 378.096

ЗНАЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ В ПРОЦЕССЕ СТАНОВЛЕНИЯ БАКАЛАВРА ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА»

И.И. Раскина (д.п.н., профессор), Н.А. Курганова (к.п.н., доцент)

*ФГБОУ ВО «Омский государственный педагогический университет», г. Омск
Омский автобронетанковый инженерный институт, г. Омск*

Аннотация. В статье рассматривается значение математической подготовки бакалавра прикладной информатики, реализуемое через образовательную, развивающую и воспитательную функции в процессе обучения, поднимается вопрос о необходимости формирования целостного подхода к подготовке профессиональных ИТ-специалистов, приведена карта компетенции, отвечающей за математическую подготовку в стандарте бакалавра по направлению «Прикладная информатика».

Ключевые слова: математическая подготовка, бакалавриат, компетенции, ИТ-специалист, прикладная информатика.

Современная Россия все в большей степени приобретает черты, характерные для информационного общества, в котором знания, представленные в виде информационных ресурсов, становятся главным достоянием и важнейшим фактором экономического развития, а информационная индустрия – одной из основных отраслей экономики. Основой этих процессов являются информационные технологии, базирующиеся на использовании достижений из других отраслей национальной экономики. Область информационных технологий стала обширнейшим полем производственной деятельности с устойчивой динамикой роста, возрастающим

спросом на высокопрофессиональное кадровое обеспечение, престижностью и высоким уровнем оплаты труда.

Все это говорит о необходимости формирования целостного подхода к подготовке профессиональных ИТ-кадров. Базовой составляющей такой подготовки является математическая подготовка. Однако овладение самим содержанием курса математики автоматически не формирует рационально-упорядоченное мышление бакалавра прикладной информатики, необходима организация целенаправленного обучения умению мыслить, выстраивать последовательность умственных действий, обеспечивающих усвоение курса математики.

В научной и методической литературе рассматриваются различные аспекты того значения, которое математические дисциплины оказывают на формирование и развитие специалистов различного профиля. Значение математической подготовки бакалавра прикладной информатики реализуется через их функции в процессе обучения: образовательную, развивающую и воспитательную. Так, в [3] образовательная функция математики при подготовке специалиста представлена как совокупность содержательных возможностей математических знаний, способных сформировать целостное представление о типах рационально-упорядоченного мышления (алгоритмического, логического, абстрактного, пространственного, критичного, эвристического), необходимого для осуществления преобразовательной (профессиональной) деятельности. Содержательные возможности математических знаний проявляются в их абстрактности, аксиоматичности и логичности.

Развивающая функция математического образования направлена на формирование способов рационально-упорядоченной мыслительной деятельности (анализа, сравнения, абстрагирования, синтеза, обобщения, классификации, категоризации и др.) необходимой для осуществления преобразовательной (профессиональной) деятельности.

В развивающей функции можно выделить такие возможности познания математики, как принцип доказательности и решение задач.

Воспитывающая функция математики проявляется через ее мировоззренческую, эстетическую и коммуникативную роль. Мировоззренческая роль математики состоит в том, что она помогает вникать в суть явлений, происходящих в окружающем нас мире, выявлять, описывать и исследовать как внешние, так и внутренние связи системы.

Эстетическая роль математики состоит в том, что она сводит разрозненные элементы и связи системы в целостную композицию.

Коммуникативная роль математики связана с тем, что математическая наука обладает особым языком. Э. Гельфман, М. Холодная выделяют следующие признаки коммуникативных возможностей математики [1]:

1. наличие знакового (символьного) языка описания и анализа действительности;

2. участие математического языка как своего рода «переводчика» в системе научных коммуникаций, в том числе между разными областями научных знаний;

3. использование математического языка в качестве средства взаимопонимания людей с разным житейским, профессиональным, культурным, цивилизационным опытом.

В стандарте подготовки бакалавра по направлению «Прикладная информатика» [2] указаны виды профессиональной деятельности бакалавра, исходя из потребностей существующего рынка труда, а также имеющихся научно-исследовательских и материально-технических ресурсов (проектная; производственно-технологическая; организационно-управленческая; аналитическая; научно-исследовательская). На основе выбранных видов деятельности и соответствующих им компетенций вуз разрабатывает соответствующую программу подготовки специалистов. При этом чтобы получить высококлассного IT-специалиста, необходимо, чтобы он освоил такие разделы математики, как дискретная математика, математическая логика и теория алгоритмов, прикладная теория вероятности, математическое моделирование, методы оптимизации, теория систем и системный анализ.

Набор компетенций, который представлен в стандарте бакалавра по направлению «Прикладная информатика», содержащих дескрипторы уровней математического содержания включает компетенции ОПК-2 (способен анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования) и ПК-23 (способен анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования). Компетенция ПК-23 относится к научно-исследовательскому виду деятельности, в большей степени реализуемому в магистратуре.

Приведем примерную карту компетенции ОПК-2 (таблицы 1–3).

Карта компетенции

Таблица 1 - Компонентный состав компетенций

Индекс ОПК-2	Способен анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования		
Перечень компонентов:		Технологии формирования:	Средства и технологии оценки:
Знает:			
категориально-понятийный аппарат теории систем и математического моделирования		Технология составления ментальных карт. Проведение сравнительного анализа для обобщения материала. Кейс-стади.	Ментальная карта, выполненная в соответствующем интернет-сервисе. Сравнительные таблицы.
Умеет:			
применять категориально-понятийный аппарат теории систем и математического моделирования для описания		Кейс-стади. Решение практических заданий.	Отчет с выполненными практическими заданиями.

прикладных задач; анализировать и разрабатывать математические модели систем; использовать информационные технологии для анализа и разработки математических моделей систем.		
Владеет:		
навыком анализа социально-экономических проблем и процессов с применением методов системного анализа и математического моделирования при решении профессиональных задач	Кейс-стади. Работа на форуме.	Письменная работа.

Таблица 2 - Содержательная структура компетенций

№ п.п.	Компоненты компетенции		Дисциплины, практики
1.	Готов анализировать социально-экономические проблемы и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования при решении профессиональных задач.		Дискретная математика. Математическое и имитационное моделирование. Исследование операций. Теория систем и системный анализ.
1.1	ОПК-2 З	Знает категориально-понятийный аппарат теории систем и математического моделирования.	
1.2	ОПК-2 У	Умеет применять категориально-понятийный аппарат теории систем и математического моделирования для описания прикладных задач; анализировать и разрабатывать математические модели систем; использовать информационные технологии для анализа и разработки математических моделей систем.	
1.3	ОПК-2 В	Владеет навыком анализировать социально-экономические проблемы и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования при решении профессиональных задач.	

Таблица 3 - Дескрипторы уровней освоения компетенции

Индекс ОПК-2	Формулировка: Готов анализировать социально-экономические задачи и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования
Ступени уровней освоения компетенции	Отличительные признаки
Пороговый	<i>знает</i> , что такое система, понятие модели, моделирования, формализации, знает классификацию видов математического моделирования;

	умеет идентифицировать проблему, представить неформализованную информацию в виде математической модели; владеет отдельными навыками распознавания социально-экономических проблем и процессов, связанных с применением методов системного анализа и математического моделирования при решении профессиональных задач.
Продвинутый	знает основные этапы построения математической модели, основные свойства систем, имеет представление о системах управления, методах формализованного представления систем, знает методики системного анализа; умеет проводить системный анализ и синтез экономических и информационных систем, использовать полученные знания для осуществления анализа управленческих ситуаций; владеет навыком использования некоторых методик системного анализа при решении профессиональных задач.
Высокий	Способен анализировать социально-экономические проблемы и процессы с применением методов системного анализа и математического моделирования при решении профессиональных задач.

Таким образом, студент в процессе обучения должен видеть связь получаемых математических знаний с видами профессиональной деятельности, понимать необходимость всего объема учебной информации для своего профессионального становления и осознавать важность постоянного пополнения математических знаний новыми для успешности в профессиональном продвижении.

Список литературы

- 1 Гельфман Э.Г., Холодная М.А. Психодидактика школьного учебника: интеллектуальное воспитание учащихся. – СПб.: Питер, 2006. – 380 с.
- 2 Приказ Минобрнауки России от 12.03.2015 № 228 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика (уровень бакалавриата)» (Зарегистрировано в Минюсте России 14.04.2015 № 36844) – URL: http://www.sgu.ru/sites/default/files/documents/2015/010302_prikladnaya_matematika_i_informatika.pdf (дата обращения: 15.04.2016).
- 3 Тлисова И.Д. Педагогический потенциал математического образования в контексте формирования технологической компетентности бакалавра социальной работы // Научные проблемы гуманитарных исследований. – 2012. – Выпуск 5. – С. 128–139.

СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ МОТИВАЦИИ ПРИ ДИСТАНЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКЕ ОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ

И.А. Сокова (ст. преподаватель), Е.Н. Шварева (ст. преподаватель)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. В статье рассматривается движущая сила обучения, факторы формирования учебной мотивации и демотивирующие факторы. Приемы, применяемые для формирования мотивации при дистанционной поддержке обучения. Рассматриваются приемы развития обще профессиональных навыков, развития «самостей» у студентов.

Ключевые слова: мотивация, формирование мотивации, дистанционная поддержка обучения, MOODLE.

Одним из движущих сил учебного процесса является мотивация обучения: желание учить, желание учиться. Эти два процесса находятся в постоянном взаимодействии, взаимосвязи и взаимозависимости.

Личность преподавателя, методы и средства обучения, применяемые способы воздействия на обучающихся являются факторами формирования или сохранения мотивации учебной деятельности студентов. От заложенного преподавателем «зерна» от «питательного состава» проходящих занятий развивается внутренние стимулы к обучению и личностные самости: самостоятельность, самоорганизация, самоанализ.

От успехов учащихся увеличивается и мотивация к самосовершенствованию, к саморазвитию, к инновационным методам преподавания самого носителя знаний – учителя. В результате действия закона «сообщающихся сосудов» формируется мотивация педагогического сотрудничества.

К факторам, снижающим мотивацию обучения к какой-либо дисциплине, так называемым демотивирующим факторам, относится «неприменяемые в профессии» или «ненужные в жизни». То есть, когда студент не знает, где пригодятся получаемые знания. Если рассматривать эти вопросы со стороны технических специальностей, то на первом курсе автоматически вычеркиваются из списка «необходимых к изучению» «сложные» дисциплины, например, математика. И тут важную роль начинает играть информирование студентов о междисциплинарных связях, становится необходимым рассмотрение задач на практическое применение получаемых знаний. Процесс профессионального обучения студентов университета должен подкрепляться научной деятельностью на всех этапах обучения (исследовательские группы, написание научных работ, участие в семинарах, конференциях по интересующим темам и т.д.) [5].

С учетом введения новых образовательных стандартов, происходит снижение аудиторных часов и увеличение самостоятельной работы студентов.

В то же время на практике нередки ситуации, когда у обучающихся при выполнении работ по программе СРО возникает необходимость в срочной консультации преподавателя. Вполне естественно предположить, что отсутствие такой возможности, либо достаточно длительный период ее ожидания уменьшить степень мотивации обучающегося к изучению материала дисциплины. [3]. Поэтому использование в образовательном процессе дополнительных форм обучения, например, электронное обучение с применением дистанционных образовательных технологий, применение инновационных технологий, может повысить уровень обучения.

На данном этапе будет рассмотрена дистанционная поддержка студентов очного обучения 1 курса на примере предмета «Математика» в Уфимском Государственном Нефтяном Техническом Университете (УГНТУ) в виртуальной обучающей среде MOODLE и в социальной сети «ВКонтакте».

Поскольку социальные сети пользуются большой популярностью среди студентов, то для общения и проведения дистанционных консультаций по решению поставленных учебных задач это хороший помощник. Возможность получения быстрого ответа от преподавателя формирует положительное отношение к изучаемой дисциплине и повышает успеваемость.

При организации дистанционной поддержки в среде MOODLE (4 группы в количестве 88 человек) со студентами было проведено вводное занятие по работе в системе. Так как такая форма обучения новое для студентов, то это позволяет показать новые возможности для успешного усвоения материала.

Для формирования положительной мотивации, развитию самостоятельности, рассмотрение прикладных задач, на базе MOODLE проводятся конкурсы презентаций на тему «Приложение изученной темы к задачам физики, математики, биологии и т.д.». Данный вид работ позволяет также развивать обще профессиональные навыки, такие как, поиск, обработка и предоставление информации. Инструментом мотивации становится исследовательская работа, а роль преподавателя-тьютора это быть помощником для структуризации и иерархизации идей [4, 70].

Для самооценки студенты пользуются тестами в системе MOODLE. Это позволяет студентам закрепить материал, выявить пробелы в знаниях, появляется возможность дополнительной подготовки к текущему контролю. Сформированные тесты содержат примеры и задачи из разработанного кафедрой контрольно-измерительного материала (КИМ) [1]. Это является дополнительным стимулом для прохождения тестов. Так как текущий контроль проводится именно на основе КИМ кафедры [2 63].

Работа в системе MOODLE не является обязательным элементом учебного процесса в УГНТУ. Поэтому в качестве определения уровня мотивации студентов может служить активность студентов среде MOODLE их работа в системе (таблица 1).

Таблица 1.

Окончание периода (неделя)	Просмотры	Изменения, вносимые студентами (выполнение тестов, участие в конкурсах и т.д.)
9 April 2016	1113	31
2 April 2016	720	32
26 March 2016	1331	349
19 March 2016	903	157
12 March 2016	1469	325
5 March 2016	827	245
27 February 2016	379	48
20 February 2016	705	102
13 February 2016	1530	263
6 February 2016	1291	179
30 January 2016	2627	317
23 January 2016	362	22

Таким образом, среда MOODLE позволяет организовать дистанционную поддержку обучения, повысить и поддержать мотивацию к учебе, способствует развитию обще профессиональных навыков, формировать навыки к самообразованию.

Дальнейшие исследования предполагают сбор дополнительных данных успеваемости студентов для проверки гипотезы о положительном влиянии на рейтинговые показатели при применении дистанционной поддержки.

Список литературы

- 1 Акмадиева Т.Р. Учебно-методический комплекс дисциплины «Математика». Том Раздел 6. Интегральное исчисление функции одной переменной. Контрольно-измерительные материалы / Уфа, 2007.
- 2 Бахтизин Р.Н., Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В.Ф. Балльно-рейтинговая система оценки знаний студентов по математике с использованием информационно-коммуникационных технологий в ГОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»// В сборнике: Moscow education online 2010 четвертая Международная конференция по вопросам обучения, сборник тезисов докладов конференции. Москва, 2010. С. 62-64
- 3 Вайндорф-Сысоева М.Е., Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В.Ф. Проверка педагогической гипотезы о повышении рейтинговых характеристик студентов при введении в учебный процесс консультационных занятий в дистанционном формате //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки.- 2014.- Т. 6.- № 3.- С. 82-88.
- 4 Вайндорф-Сысоева М.Е. Информационные технологии в работе преподавателя // Педагогическое образование и наука. 2009. № 2. С. 69-74.
- 5 Коновко, Я.А. Мотивация профессионального обучения студентов технических специальностей первого и пятого курсов / Я.А. Коновко //

Управление в социальных и экономических системах: м-лы XXII международной научно-практической конференции, Минск, 17 мая 2013 г./ Минский ин-т управления; редкол.: Н.В. Суша [и др.]. – Минск, 2013. – С. 171–172.

УДК 519.6

ВОЗМОЖНОСТИ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА В ИЗУЧЕНИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

А.С. Абдуалиев (БТП-15-01)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Рассматриваются область и методы применения кластерного анализа. Приводится пример множества данных (параметров) предприятий нефтегазового комплекса, представляющих ключевую информацию для разбиения исходного множества на кластеры.

Ключевые слова: кластерный анализ, кластеры, нефтеперерабатывающая промышленность

В мире существует огромное разнообразие информации, которая должна быть предоставлена в удобной форме для облегчения интерпретации результатов. Чтобы решить эту проблему, ряд методов, относящихся к многофакторному анализу, такие как кластерный анализ, факторный анализ, анализ главных компонент.

Кластерный анализ - метод анализа классификации; его главная цель - разбиение множества объектов и атрибутов на однородные группы, в некотором смысле, или кластеры [5]. Этот многомерный статистический метод, поэтому предполагается, что исходные данные может быть значительное количество, то есть она может быть существенно больше, чем количество объектов исследования (наблюдения), и признаки, характеризующие объекты. Большим преимуществом кластерного анализа является то, что он дает возможность сделать разбиение объектов не на одной основе, а по целому ряду причин. Кроме того, кластерный анализ, в отличие от большинства математических и статистических методов не накладывает никаких ограничений на вид этих объектов, а также позволяет исследовать много необработанных данных практически произвольной природы. Кластерный анализ позволяет уменьшить размерность данных, чтобы можно было обнаружить их производительность. Кластеризация используется при решении разнообразных задач по обработке данных, включая распознавание образов, машинного обучения, автоматической классификации, разработка стратегий управления и так далее [1-4].

Проблемы социально-экономического прогнозирования сочетание кластерного анализа является весьма перспективным с другими количественными методами (например, регрессионный анализ).

Изучение стран-экспортеров нефти экономические показатели выполнены в программе «Statistica 8.0». Затем данные были стандартизированы, чтобы уравнивать объем и масштаб исследуемых переменных, затем построена дендрограмма, описывающая результаты кластеризации. Для того, чтобы сделать какие-либо выводы из исследования было необходимо определить выбор количества кластеров. Для этого используется метод полного обобщения. В результате, в работе выделяется основную группу стран-экспортеров нефти близких по экономическим показателям, а также направления развития нефтеперерабатывающей промышленности. В качестве анализируемых стран можно взять такие параметры, как: население, площадь, объем ВВП и т.д. После предварительного анализа число исходных параметров неизбежно уменьшится, что означает не потерю информации, а наоборот, выделение наиболее значимых характеристик.

Список литературы

- 1 Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В.Ф. Педагогическая прогностика: предварительная кластеризация данных БРС // Инновационные технологии в науке нового времени. Сборник статей международной научно-практической конференции: в 2-х частях. - Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС - 2016. - С. 145-148.
- 2 Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В.Ф. Кластерный анализ структуры данных мониторинга уровня развития электронного обучения в вузах РФ // Научно-методологические и социальные аспекты психологии и педагогики. Сборник статей международной научно-практической конференции. - Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС - 2016. - 270 с. - С. 189-192.
- 3 Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В.Ф. Мониторинг уровня развития электронного обучения в вузах РФ: кластерный анализ данных // Наука в современном обществе: закономерности и тенденции развития. Сборник статей международной научно-практической конференции: В 2 ч. Ч.1 - Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2016. – 240 с. - С. 218-221.
- 4 Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В.Ф. Сокова И.А. Выработка стратегии управления объектами региональной ассоциации электронного обучения на основе кластерного анализа// “Нефтегазовое дело”, -2015, -№4, -С.278-284
- 5 Xu R., Wunsch Ii D.C. (2009) Clustering, Wiley And Sons.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В РАСЧЕТАХ ЗАДАЧ НА УПРУГИЕ ДЕФОРМАЦИИ ОБЪЕКТОВ

А.С. Губайдуллин (ББП-15-01), М.А. Захарова (ст. преподаватель)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. В статье рассматривается применение дифференциальных уравнений высших порядков к решению задач физики и механики. Разбирается задача о деформации пружины к которой прикреплен некий объект. В следствии упруго-деформированных колебаний пружины объект меняет свое местоположение с течением времени. Была получена функция, по которой можно определить положение объекта в любой момент времени.

Ключевые слова: пружина, деформация, дефект, дифференциальное уравнение, стержень, колебания, задача Коши.

С давних времен исчисления играют важную роль в жизни человеческого общества. Люди научились считать, вычитать и измерять. На протяжении многих веков складывалась наука «Математика» и нашла обширное применение в жизни.

В современном обществе, знание математики является необходимым аспектом для специалиста любого направления. Люди прибегают к ней в любой ситуации: от выполнения элементарных расчетов и оформления отчетностей, до более глубокого изучения окружающих нас явлений и решения задач, связанных с ними.

В высшие учебные заведения, студенты изучают теорию дифференциальных уравнений, которая применяется в объяснении многих научных явления.

Я - студент первого курса, мы изучаем дифференциальные уравнения 1-го и 2-го порядка, поэтому можем рассматривать модели простых задач. На старших курсах появится возможность изучать эти вопросы более глубоко. Одну из моделей использования дифференциальных уравнений хочу представить в своей работе.

На некоторой поверхности находится материальный объект, который прикреплен к пружине. Пружина не напряжена. Начинаем ее сжимать, так, чтобы не произошло деформирование материала, и пружина не потеряла свои свойства. В результате, на объект будет действовать сила упругости (Закон Гука) равная: $F_{упр.} = KX$, где K - коэффициент упругости (или жесткости) пружины, X - абсолютное сжатие (удлинение) пружины. Если пружину, зафиксированную в сжатом состоянии, отпустить, то она начнет двигаться под действием силы упругости.

Объект имеет массу m , значит по 2-му закону Ньютона имеем:

$$mX'' = -KX \quad (1)$$

Получили уравнение, описывающее математическую модель упругих колебаний объекта. Если проводить дальнейшие исследования, можно выяснить положение объекта в любой момент времени.

Рассмотрим задачу Коши.

Имеем начальные условия. Объект находится в точке $X(0) = X_0$ и отклоняется без начальной скорости $X'(0) = 0$. Уравнение (1) решаем, как обыкновенное дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами.

$$X(t) = C_1 \cos \sqrt{\frac{K}{m}} t + C_2 \sin \sqrt{\frac{K}{m}} t \quad (2)$$

где C_1 и C_2 – постоянные.

Выберем C_1 и C_2 так, чтобы они удовлетворяли начальным условиям:

$$X_0 = C_1$$

$$0 = C_2 \sqrt{\frac{K}{m}} \cos \sqrt{\frac{K}{m}} 0, \text{ получаем } C_2 = 0 \text{ отсюда следует}$$

$$X(t) = X_0 \cos \sqrt{\frac{K}{m}} t \quad (3)$$

Зная эту функцию, можно определить положение объекта в любой момент времени достаточно задать t ; K ; m .

Были рассмотрены простейшие колебания. В случае малых деформаций пружины, сила упругости пропорциональна величине деформации.

В работах [1 с. 43; 2 с. 32; 3, с. 11; 4, с. 838] изучаются более сложные случаи деформации объектов. В качестве этих объектов взяты стержни, которые под действием силы изгибаются, что приводит к их деформациям. Эти процессы описываются более сложными видами дифференциальных уравнений (уравнениями 4-го порядка) с большим количеством начальных и краевых условий. Например, продольно-поперечный изгиб стержня описывается уравнением [2, с. 32]

$$\frac{d^4 y}{dz^4} + \frac{N}{EJ} * \frac{d^2 y}{dz^2} = \frac{q}{EJ} \quad (4)$$

где y - упругое смещение стержня,

$N > 0$ - продольное усилие,

q - интенсивной поперечной распределенной нагрузки,

E - модуль упругости Юнга,

J - момент инерции относительно оси x .

С помощью решений таких уравнений, делаются необходимые расчеты: местоположение деформаций, силы действующей на стержень и другие необходимые для исследования параметры. Результаты полученные в ходе решения этих задач могут быть применены в строительстве (балочные конструкции) [5, с. 70], механике, машиностроении и в других областях промышленности [6, с. 38], где могут произойти непредвиденные деформации материалов.

Список литературы

- 1 Ахтямов А.М., Захарова М.А. Идентификация местоположения и коэффициента жесткости пружины упругой опоры стержня// В сборнике: Математическое моделирование и краевые задачи. Труды седьмой Всероссийской научной конференции с международным участием. В.П. Радченко (отв. редактор). 2010. – с. 42-44.
- 2 Ахтямов А.М., Захарова М.А. Обратная задача для продольно-поперечного изгиба стержня // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2011. №4. с. а31-33
- 3 Ахтямов А.М., Захарова М.А. Обратная задача об установлении параметра дефекта жесткой балки// В книге: Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании. Тезисы докладов Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых. Ответственный редактор: Вахитов Р.М.. 2010. С.11.
- 4 Ахтямов А.М., Захарова М.А. Статическая задача об определении величины постоянной нагрузки, действующей на балку, и величины коэффициента C , характеризующего дефект балки// Обзорение прикладной и промышленной математики. 2010. Т.17. №6. 838 с.
- 5 Бахтизин Р.Н., Масалимов Р.Б., Зарипов Р.М., Шварева Е.Н. Моделирование напряженно-деформированного состояния подземного участка трубопровода, составленного из кривой вогнутой или выпуклой вставки криволинейным полым стержнем в упругой среде// Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 6. С. 69-88.
- 6 Габдуллина А.А., Михайловская И.М., Шварёва Е.Н. Использование инструментария оценки и выбора решений в практике послеаварийных восстановительных мероприятий. // Информационные технологии. Проблемы и решения: материалы Международной научно-практической конференции. Дополнительный сборник. - Уфа: Изд-во "Восточная печать", 2014. - 64 с. С. 36-40.
- 7 Пономарев К.К. Дифференциальные уравнения. // «Высшая школа», Минск, 1973.- 560 с.

О ПРИМЕНЕНИИ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ

*Т.Р. Акмадиева (ст. преподаватель), М.А. Захарова (ст. преподаватель)
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. В статье рассматриваются примеры применения обратных задач разной степени сложности. В качестве примеров приведены задачи, предлагающиеся выпускникам школ на Едином Государственном Экзамене, а также, сложные прикладные задачи механики.

Ключевые слова: прямая задача, обратная задача, прямая теорема, обратная теорема, прямой ход, обратный ход, однозначность решения

Решение обратных задач возникло из необходимости установления причинно-следственной связи между событиями. Уинстон Черчилль говорил: «Политик должен уметь предсказать, что произойдет завтра, через неделю, через месяц и через год. А потом объяснить, почему этого не произошло». Но такие вопросы встают не только перед политиками. В математике, физике, механике часто приходится решать аналогичные проблемы. В частности, в геометрии сталкиваемся с понятием «обратная задача». Также, как не все можно объяснить в политике, также и не все прямые теоремы имеют обратные, не все обратные задачи приводят к верному решению, но, зачастую именно решение таких задач позволяет облегчить исследование. Рассмотрим применение обратных задач на примерах.

Задача 1. [6, с. 42]. В основании четырехугольной пирамиды $SABCD$ лежит прямоугольник со сторонами $AB=21$, $BC=20$. Боковые ребра $CB=2\sqrt{30}$, $SC=2\sqrt{130}$, $SA=\sqrt{561}$.

- а) Докажите, что SB – высота пирамиды.
- б) Найдите угол между SD и AC .

Можно доказывать, что SB – высота, исходя из свойств перпендикулярности прямой и плоскости, но, применяя обратную теорему к теореме Пифагора, доказательство намного упрощается.

Аналогично можно поступить и в следующей задаче [ЕГЭ, 2016г., досрочный вариант].

Задача 2. В правильной четырехугольной призме $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$ сторона основания AB равна 6, а боковое ребро AA_1 равно $4\sqrt{3}$. На ребрах AB , $A_1 D_1$ и $C_1 D_1$ отмечены точки M , N и K соответственно, причем $AM = A_1 N = C_1 K = 1$.

- а) Пусть L – точка пересечения плоскости MNK с ребром BC . Докажите, что $MNKL$ – квадрат.
- б) Найдите площадь сечения призмы плоскостью MNK .

Доказательство того, что $MNKL$ – это квадрат, можно проводить по теореме, обратной к теореме о трех перпендикулярах или по теореме, обратной к теореме Пифагора.

Метод применяется и при решении задач с параметрами. Проиллюстрируем это на примере.

Задача 3. [2, с.19]

Найти все значения x , при которых неравенство $x^3 - a^2x^2 - 2ax + 5 - 4a - a^2 < 0$ справедливо хотя бы для одного значения параметра a из промежутка $[-1; 2]$.

Перепишем неравенство в виде $f(a) > 0$, $f(a) = a^2 + (x^3 + 2x^2 - 4x - 5)a - (x^3 + x^2 - 6x + 5)$, где уже x считаем параметром. А тогда требования задачи не будут выполняться, если отрезок $[-1; 2]$ лежит на вещественной оси между корнями трехчлена $f(a)$, то есть если совместна система

$$\begin{cases} f(-1) = -3x + 2 > 0 \\ f(2) = 3x + 3 > 0 \end{cases}$$

и что будет иметь место при $x \in [-2; 0] \cup \mathbb{R}$. Поэтому, исходя из обратности задачи, решением прямой задачи будет $x \in (-\infty; -2] \cup (0; 1] \cup (4; +\infty)$.

Задача 4. [7, с. 366]

При каких значениях a уравнение $x^4 - 2ax^2 + a^2 - 1 = 0$ имеет хотя бы одно решение?

Эту задачу можно решить как прямым ходом, так и обратным. Слова «хотя бы одно» позволяют нам решить следующую задачу: Найти такие a , при которых уравнение $x^4 - 2ax^2 + a^2 - 1 = 0$ не имеет решения, что гораздо проще сделать. Решением обратной задачи является множество $(-\infty; -1] \cup \left(\frac{5}{4}; +\infty\right)$, таким образом, прямая задача имеет решение $\left[-1; \frac{5}{4}\right]$.

Более сложные обратные задачи решаются в работах [1, с. 351, 3, с. 42, 4, с. 31, 5, с.11]. Это задачи механики, где в качестве исходных данных выступают граничные или начальные условия. В частности, в работе [1, с.351] была рассмотрена балка, жестко закрепленная на обоих концах, имеющая в точке X_C дефект в виде трещины, на которую действует постоянная нагрузка f_0 . По значениям прогибов балки в двух точках требовалось определить значение постоянной нагрузки f_0 и величину трещины ε , где $\varepsilon = \frac{1}{C}$, образованной под действием этой нагрузки. В результате решения обратной задачи, получено значение C , которое характеризует значение $\varepsilon = \frac{1}{C}$.

Таким образом, «обратные задачи» позволяют исследовать задачу до конца и говорить об однозначности ее решения. Будущим абитуриентам, а впоследствии студентам, часто придется сталкиваться с подобными задачами, но уже более сложного характера и от того, как они научатся применять свои знания, зависит их будущее.

Список литературы

- 1 Акмадиева Т.Р., Захарова М.А. Статическая задача об определении величины постоянной нагрузки, действующей на балку, и величины коэффициента C , характеризующего дефект балки. // В мире научных открытий. 2015. №12.1(72). С. 351-355.
- 2 Амелькин В.В., Рабцевич В.Л. Задачи с параметрами: Справ. пособие по математике. – 2-е изд. – Мн.: ООО «Асар», 2002. – 464 с.
- 3 Ахтямов А.М., Захарова М.А. Идентификация местоположения и коэффициента жесткости пружины упругой опоры стержня. // В сборнике: Математическое моделирование и краевые задачи. Труды седьмой Всероссийской научной конференции с международным участием. В.П. Радченко (отв. редактор). 2010. с. 42-44.
- 4 Ахтямов А.М., Захарова М.А. Обратная задача для продольно-поперечного изгиба стержня // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2011. №4. с. а31-33
- 5 Ахтямов А.М., Захарова М.А. Обратная задача об установлении параметра дефекта жесткой балки. В книге: // Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании. Тезисы докладов Международной школы-конференции для студентов, аспирантов и молодых ученых. Ответственный редактор: Вахитов Р.М. - 2010. С.11.
- 6 Математика. Подготовка к ЕГЭ-2016. Профильный уровень. 40 тренировочных вариантов по демоверсии на 2016 год: учебно-методическое пособие/ Под редакцией Ф.Ф. Лысенко, С.Ю. Кулабухова. – Ростов-на-Дону: Легион, 2015. – 352 с.
- 7 Цыганов Ш.И. Энциклопедия ЕГЭ по математике 2005 года: Учебное пособие. – 1-е изд. – Уфа: Изд-во «Эдвис», 2004. – с.400.

УДК 622.692: 532.513 :039.58

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РАСПОЗНОВАНИЯ ОБРАЗОВ ПРИ СОСТАВЛЕНИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РАЦИОНАЛЬНОЙ РАБОТЕ СТРУЙНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СМЕСИТЕЛЕЙ В УСТАНОВКЕ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОСЕРНИСТОЙ НЕФТИ НА ПРОМЫСЛАХ

*Э.В. Галиакбарова (к.ф-м.н., доцент), В.С. Фаннаков (БМЗ-14-01),
А.О. Родионов (БМР-14-01)*

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Энергетически эффективное смешивание нефти и воды (с добавками) можно осуществить в струйных гидравлических смесителях [1, 2]. Струйные гидравлические смесители научно-производственного предприятия «НТ-Центр» устанавливают [3, 4, 5, 6] перед электродегидраторами на промыслах, а также на нефтеперерабатывающих заводах. Опытно-

промышленные испытания показали, что оптимальное смешивание нефти и воды, даже без добавок приводит к высоким показателям обессоливания и зашлачивания нефти. Происходит значительная экономия электроэнергии и промывочной воды, добавок, минимизируется коррозия и износ оборудования систем транспорта, хранения и переработки нефти.

Обработка данных опытно- промышленных испытаний струйных гидравлических смесителей проводится с использованием методов подобия и математической статистики, распознавания образов [7, 8, 9, 10, 11, 12].

Составлена стохастическая модель гидродинамических параметров струйного гидравлического смесителя для обессоливания нефти на промыслах до качества 1-ой категории. Проведена диагностическая процедура Вальда.

Ключевые слова: струи, гидравлика, смеситель, нефть, соли, кислоты, эффективность.

Улучшение качества смешивания нефти и воды с добавками приводит к интенсификации процессов очистки нефти от солей и кислот на промыслах, а также на нефтеперерабатывающих заводах.

Опытный образец струйного гидравлического смесителя был рассчитан, изготовлен и смонтирован в установке подготовки высокосернистой нефти (УПВС) ПАО «Татнефти» научно производственным предприятием «НТ-Центр». По лабораторным пробам нефти до- и после электродегидраторов на основе π –теоремы составлена стохастическая расчетная модель гидродинамических параметров струйного гидравлического смесителя в критериальной форме:

$$F(\tilde{C}_{\text{inp}}, We, Re, Eu, M, Fr, Pe) = 0, \quad (1)$$

$$\text{где } \tilde{C}_{\text{inp}} = \frac{C_{\text{inp}}}{100}, \quad We = \frac{\rho_n v_l^2 d_l}{\sigma_{nl}}, \quad Re = \frac{v_n d_n \rho_n}{\mu_n}, \quad Eu = \frac{\Delta p_n}{\rho_n v_n^2}, \quad M = \frac{V_l}{c_l},$$

$$Fr = \frac{g \cdot d_n}{V_n^2}, \quad Pe = \frac{V_l \cdot d_l}{2 \cdot \chi_l}, \quad \text{индекс } l \text{ соответствует воде, индекс } n - \text{нефти.}$$

$\tilde{C}_{\text{inp}}$ характеризует содержание соли в нефти на входе в установку по обессоливанию. Критерии We, Re, Eu, M, Fr, Pe характеризуют физические свойства смешиваемых жидкостей – нефти и воды. Критерий Вебера We показывает отношение инерционной силы и силы поверхностного натяжения при движении двухфазной среды и определяет дробление капли в потоке. Критерий Рейнольдса Re - соотношение между силами инерции и силами трения в движущейся жидкости. Критерий Эйлера Eu - соотношение сил давления и сил инерции. Критерий Маха M – соотношение скорости течения к скорости распространения звука. Критерий Фруда - соотношение сил инерции и сил гравитации, предсказывает образование вихря. Критерий Пекле - соотношение конвективного и молекулярного процессов переноса турбулентности в потоке жидкости.

Оценка эффективности работы установки по обессоливанию нефти, проводилась по безразмерному показателю содержания соли на выходе установки $\tilde{C}_{out}$

$$\tilde{C}_{out} = \frac{C_{out}}{C_{nom}}, \quad (2)$$

где $C_{nom} = 100$ мг/л.

Расчет модели проводился по диагностической процедуре Вальда [10, 11], а результаты представлены на рисунках 1-3.

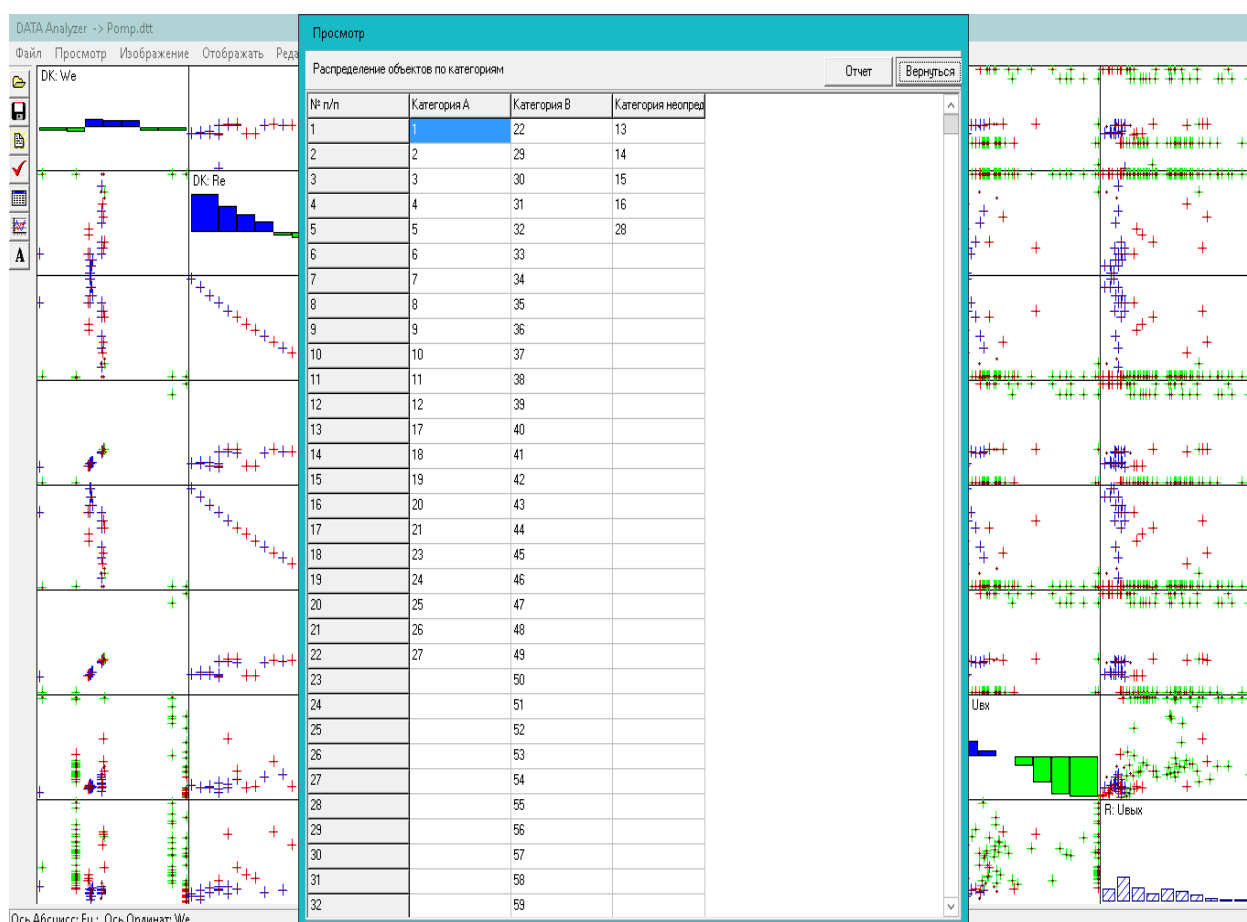


Рисунок 1 - Распределение объектов по категориям

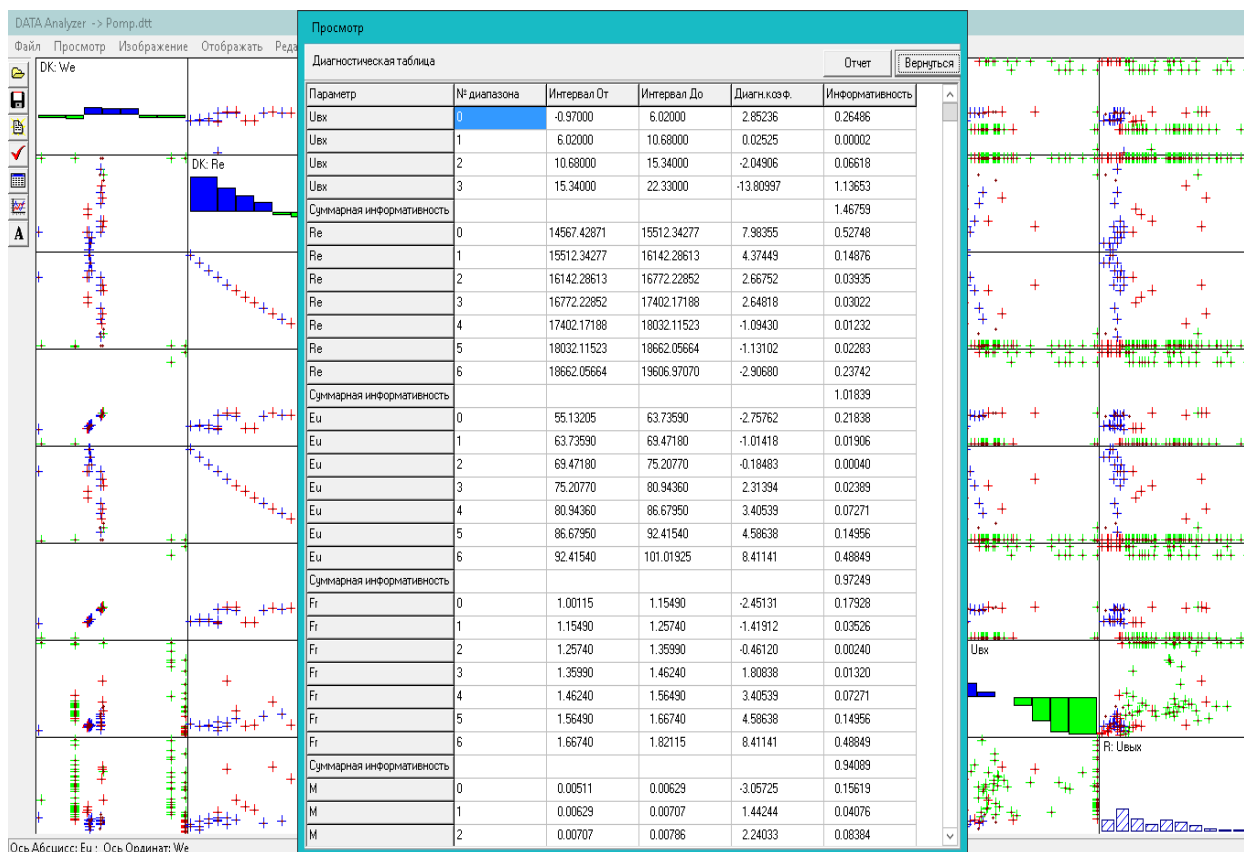


Рисунок 2 - Диагностическая таблица



Рисунок 3 - Количество объектов по категориям: А - хорошее качество обессоливания; В – неудовлетворительное качество обессоливания

По результатам расчетов подготовлены рекомендация для составления технического задания на изготовление струйных гидравлических смесителей для эффективного обессоливания высокосернистой нефти на промыслах.

Список литературы

- 1 Струйный гидравлический смеситель: пат. 159236, Рос. Федерация/ Галиакбаров В.Ф., Галиакбарова Э.В., Яхин Б.А.
- 2 Состав для обезвоживания и обессоливания нефти и способ его применения в устройстве для разрушения водонефтяных эмульсий: пат. 2178449, Рос. Федерация/ Галиакбаров В.Ф., Галиакбаров М.Ф., Лопатин И.Ф., Хмельник А.Ю., Безмельницын В.С., Шильников А.Ю., Максимчик Л.П.
- 3 Галиакбаров В.Ф., Галиакбарова Э.В., Валявин Г.Г. Совершенствование процессов подготовки нефти к переработке // Энергоэффективность. Проблемы и решения: Материалы XIV Международной научно-практической конференции 23 октября 2014 г. – Уфа, 2014. –с. 107
- 4 Галиакбарова Э.В., Галиакбаров В.Ф., Шварева Е.Н. Интенсификация процессов обезвоживания, обессоливания и зашлачивания нефти при внедрении вихревых устройств в смесительных аппаратах ЭЛОУ// Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: Материалы научно-практической конференции 20 -23 мая 2015 г. – Уфа, 2015. – с. 97-99
- 5 Галиакбаров В.Ф., Галиакбарова Э.В., Шварева Е.Н., Белозеров А.Е. Жолобова Г.Н. Повышение эффективности процессов обезвоживания, обессоливания и зашлачивания нефти в смесительных аппаратах ЭЛОУ// Информационные технологии. Проблемы и решения: материалы Международной научно – практической конференции/ редкол.: Ф.У. Еникеев и др. – Уфа: изд-во «Восточная печать», 2015. Т.1- С.188-190
- 6 Галиакбарова Э.В., Бахтизин Р.Н., Галиакбаров В.Ф. Использование струйных гидравлических смесителей для интенсификации процессов подготовки нефти к переработке// Нефтегазовое дело: научный журнал/ УГНТУ. 2016. Т. 14, №1. – С. 150-156.
- 7 Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: учебник для вузов. – 7-е изд., испр. М.: Дрофа, 2003. 840 с.
- 8 Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике: учебник для вузов. – 9-е изд., перераб. М.: Наука, 1981. 448 с.
- 9 Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов - 12е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2009. 479 с.
- 10 Вальд А. Последовательный анализ. М., Физматлит, 1960. 328 с.
- 11 Система обработки и визуализации многомерных данных методом последовательного анализа Вальда: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015615524/ Галиакбарова Э.В., Белозеров А.Е., Галиакбаров В.Ф., Шварева Е.Н., Филиппова А.Г.
- 12 Галиакбарова Э.В., Шварева Е.Н., Белозеров А.Е., Бахтизин Р.Н., Жолобова Г.Н., Галиакбаров В.Ф. Расчет параметров смесительного аппарата с вихревыми устройствами методами математической статистики и распознавания образов для качественного обессоливания нефти в ЭЛОУ

УДК 622.6(075.8):622.32

ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТРУЙНЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ

Э.В. Галиакбарова (к.ф.-м.н., доцент), К.В. Сухарев (БМЗ-12-01),

М.М. Насырова (БМР-14-01)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Струйные смесители [1-4] научно - производственного предприятия «НТ- Центр» работают от энергии потоков подводящей трубопроводной системы и применяются для интенсификации процессов [7-12] обессоливания нефти на промыслах, обессоливания и зашлачивания нефти на нефтеперерабатывающих заводах, для эффективного устранения расслаивания нефти, бензина, дизельного топлива в резервуарах хранения. Математическая модель перемешивания жидкостей с использованием струйных смесителей содержит уравнения сохранения масс, количества движения, энергии и уравнения состояния при соответствующих начальных, граничных условиях. Численно- разностная модель составлена в среде ANSYS CFX. Проведено имитационное моделирование перемешивания нефти, светлых нефтепродуктов в емкостях, а также смешение их с водой в трубах при поточном движении. Подтверждена эффективность смешивания указанных жидкостей струйными смесителями научно-производственного предприятия «НТ- Центр» по сравнению с традиционными средствами.

Ключевые слова: математическая модель, смешивание, струи, нефть, бензин, дизельное топливо, расслаивание.

Для снижения себестоимости и повышения качества продуктов переработки нефти необходимо повышать эффективность работы установок по обессоливанию, зашлачиванию нефти, а также систем транспорта и хранения нефти, нефтепродуктов. Качество смешивания жидкостей является определяющим для эффективной работы перечисленного оборудования. Энергосберегающее и эффективное смешивание возможно [7-12] за счет интенсификации массообменных процессов струйными смесителями [1-4].

Математические модели смешивания жидкостей струйными смесителями в емкостях или трубах при поточном движении включают замкнутые системы уравнений - сохранения: масс, импульсов, энергии; состояния для жидкой и газовой фаз, с соответствующими начальными и граничными условиями [5].

Численно- разностные модели составлены в среде ANSYS CFX [6]. Проведено имитационное моделирование перемешивания нефти, светлых

нефтепродуктов в емкостях, а также смешение их с водой в трубах при поточном движении.

На рисунках 1-3 представлены результаты моделирования работы струйного смесителя в резервуаре РВС 2000 с дизельным топливом. Использовалась двухфазная неоднородная модель «жидкость – газ» со свободной поверхностью, k-ε модель турбулентности [6]. Приняты следующие значения физических параметров: объемный расход закачиваемой жидкости $Q = 240 \text{ м}^3/\text{час}$; давление, необходимое для работы смесителя $\Delta p = 10^5 \text{ Па}$; плотность жидкости $\rho = 810 \text{ кг/м}^3$, температура жидкости $T = 283^\circ \text{ К}$, диаметр приемо-раздаточного патрубка $d = 0.325 \text{ м}$, коэффициент эжекции смесителя $q = 3$.

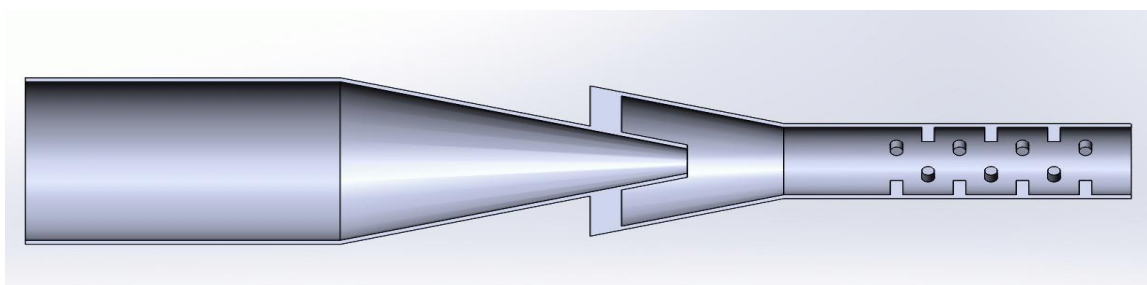


Рисунок 1 - Макет струйного смесителя

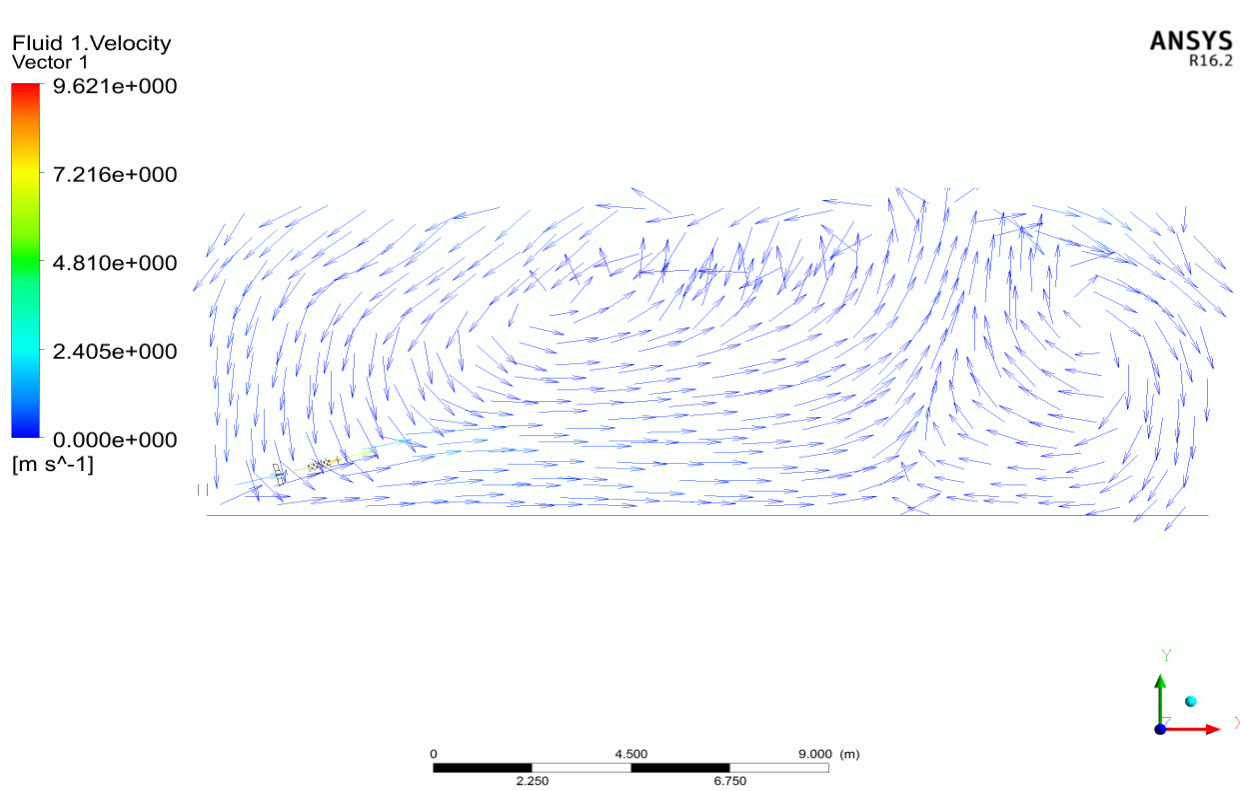


Рисунок 2 - Поле скоростей дизельного топлива из струйного смесителя в резервуаре РВС 2000

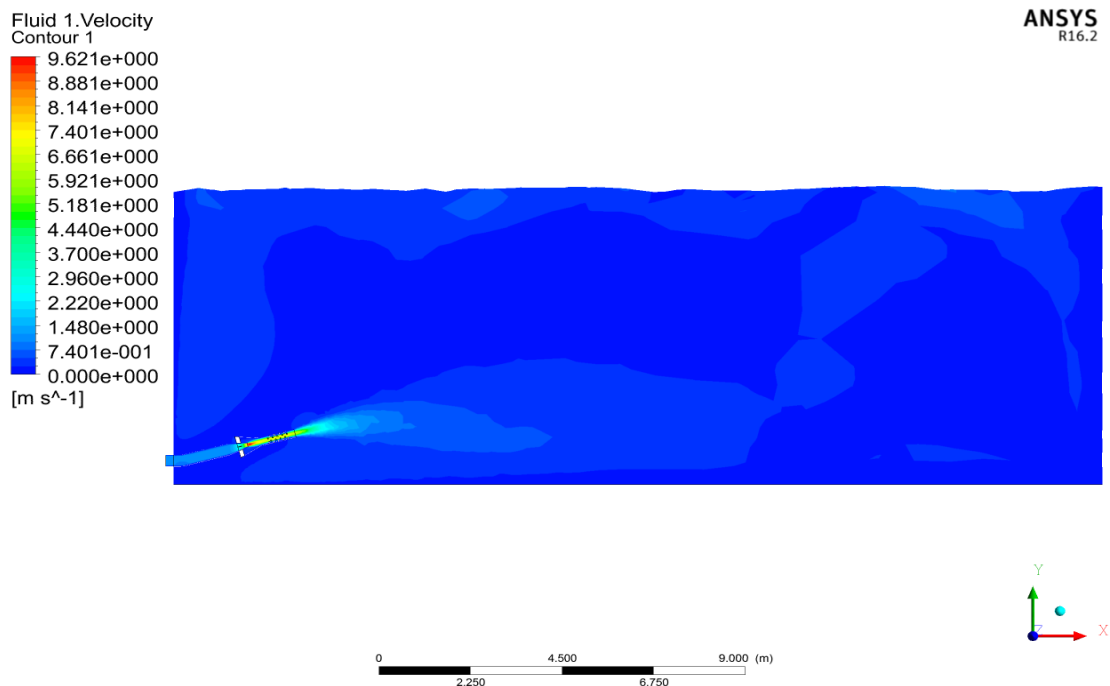


Рисунок 3 - Визуализация перемешивания дизельного топлива струйным смесителем в резервуаре РВС 2000

Время перемешивания нефти в резервуаре РВС 2000 составляет меньше 2 часов.

На рисунках 4 – 5 приведены результаты математического моделирования для рециркуляции дизельного топлива в резервуаре РВС 2000: расход дизельного топлива в нагнетательной и всасывающей линиях $Q = 104 \text{ м}^3/\text{час}$, расстояние между нагнетательной и всасывающей линиями в резервуаре $\ell = 10 \text{ м}$.

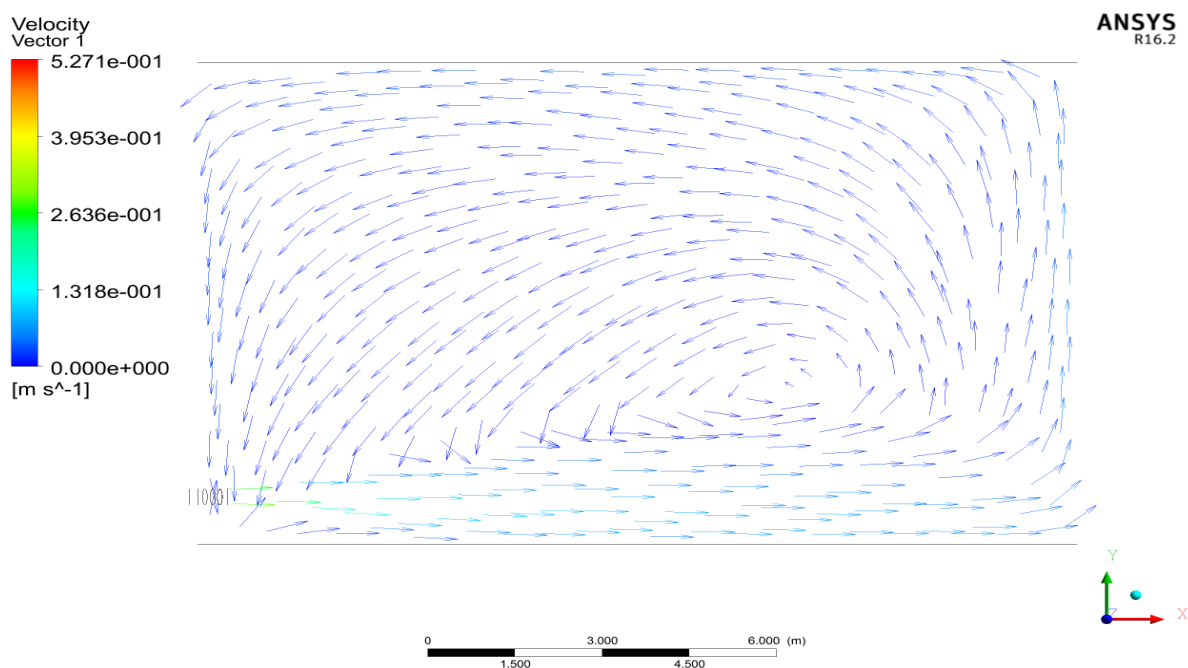


Рисунок 4 - Поле скоростей дизельного топлива при рециркуляции в резервуаре РВС 2000

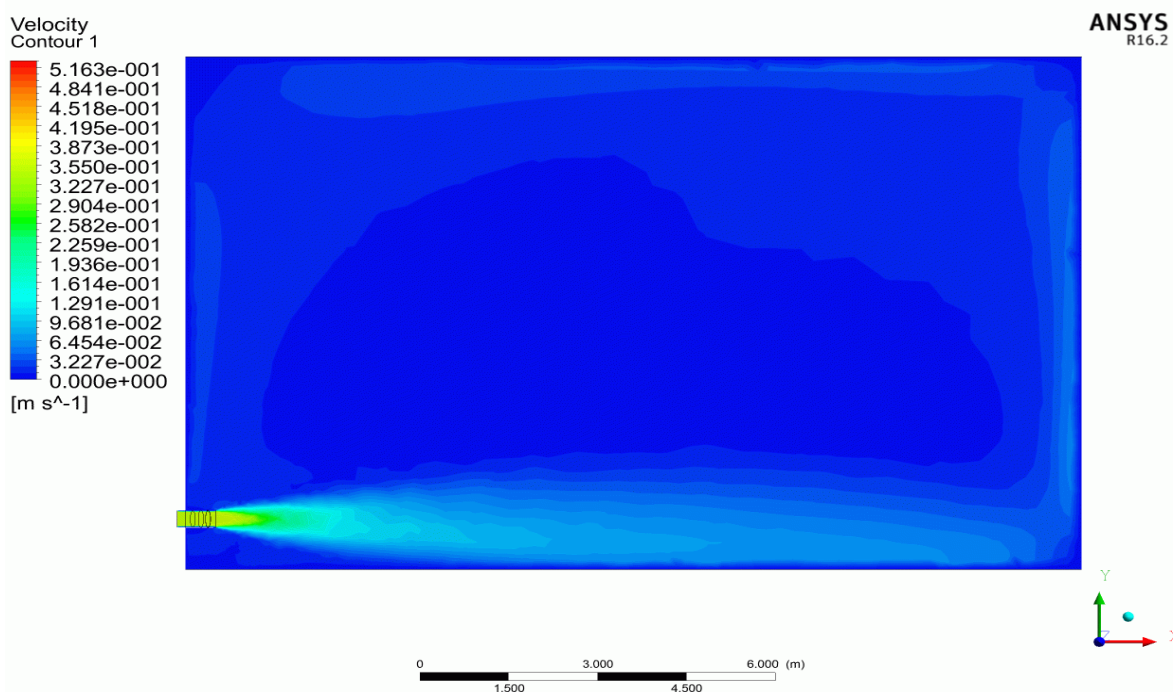


Рисунок 5 - Визуализация перемешивания дизельного топлива при рециркуляции в резервуаре РВС 2000

Опытно - промышленные испытания струйных смесителей [7, 8, 11] в резервуарных парках хранения продуктов переработки нефти показали сокращение времени приготовления гомогенных жидкостей, необходимых потребителю в 2 раза, снижение затрат электроэнергии, повышение оборачиваемости резервуаров. Суммарная экономия от замены традиционных схем ликвидации расслаивания жидкостей в резервуарах хранения струйными смесителями составляет сотни миллионов рублей ежегодно.

Список литературы

- 1 Струйный гидравлический смеситель: пат. 159236, Рос. Федерация / Галиакбаров В.Ф., Галиакбарова Э.В., Яхин Б.А.
- 2 Состав для обезвоживания и обессоливания нефти и способ его применения в устройстве для разрушения водонефтяных эмульсий: пат. 2178449, Рос. Федерация. / Галиакбаров В.Ф., Галиакбаров М.Ф., Лопатин И.Ф., Хмельник А.Ю., Безмельницын В.С., Шильников А.Ю., Максимчик Л.П.
- 3 Пат. RU 2189852, МПК 7 В 01 F 5/04 Устройство для перемешивания жидкостей в резервуарах/ В.Ф. Галиакбаров, Ю.Р. Салихова, М.Ф. Галиакбаров, И.М. Галиакбаров: заявл. 17.04.2001; опубл. 27.09.2002 Бюл. № 27.
- 4 Заявка № 2015140150, дата подачи 21.09.2015, решение о выдаче патента от 28.02.2016 Смеситель/ Галиакбаров В.Ф., Галиакбарова Э.В., Яхин Б.А.
- 5 Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа; Учебник. М.: Наука, 1987. 840с.

- 6 ANSYS CFX-Solver Theory Guide. Ansys CFX Release 11.0. 1996 – 2006. Ansys Europe, Ltd.
- 7 Галиакбарова Э.В., Галиакбаров В.Ф., Валявин Г.Г. Внедрение усовершенствованного струйного гидравлического смесителя для поддержания пожарной безопасности и эффективной работы резервуарных парков // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело» 2014. № 5. С. 151 -161. URL:http://www.ogbus.ru/issues/5-2014/ogbus-5-2014_p151-161_GaliakbarovaEV_ru.pdf
- 8 Галиакбаров В.Ф., Галиакбарова Э.В., Валявин Г.Г. Совершенствование процессов подготовки нефти к переработке // Энергоэффективность. Проблемы и решения: Материалы. XIV Международной научно-практической конференции 23 октября 2014 г. – Уфа, 2014. –с. 107
- 9 Галиакбарова Э.В., Галиакбаров В.Ф., Шварева Е.Н. Интенсификация процессов обезвоживания, обессоливания и зашлачивания нефти при внедрении вихревых устройств в смесительных аппаратах ЭЛОУ// Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: Материалы научно-практической конференции 20 -23 мая 2015 г. – Уфа, 2015. – с. 97-99
- 10 Галиакбаров В.Ф., Галиакбарова Э.В., Шварева Е.Н., Белозеров А.Е. Жолобова Г.Н. Повышение эффективности процессов обезвоживания, обессоливания и зашлачивания нефти в смесительных аппаратах ЭЛОУ // Информационные технологии. Проблемы и решения: материалы Международной научно – практической конференции/ редкол.: Ф.У. Еникеев и др. – Уфа: изд-во «Восточная печать», 2015. Т.1- С.188-190
- 11 Галиакбарова Э.В., Бахтизин Р.Н., Галиакбаров В.Ф. Совершенствование процесса хранения продуктов переработки нефти в резервуарных емкостях // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефтепродуктов: науч.- техн. журн./ ИПТЭР. 2015. № 3 – с.149 - 155.
- 12 Галиакбарова Э.В., Бахтизин Р.Н., Галиакбаров В.Ф. Использование струйных гидравлических смесителей для интенсификации процессов подготовки нефти к переработке// Нефтегазовое дело: научный журнал/ УГНТУ. 2016. Т. 14, №1. – С. 150-156.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В БАШКИРИИ

Н.А. Барина (доцент), Е.Н. Шварева (ст. преподаватель)

*ФГБОУ ВО Башкирский государственный педагогический университет
им. М. Акмуллы, г. Уфа*

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Роль воды в процессе производства исключительно велика. Одновременно с развитием и усовершенствованием методов производства растет и водопотребление заводов. Предприятия немыслимы без мощной, надежно действующей системы водоснабжения, использующего сотни миллионов кубических метров воды в год. Авторы, используя Microsoft Excel, установили статистическую зависимость между такими величинами, как водопотребление и календарный год и рассчитали параметры корреляционной зависимости водопотребления в Башкирии. Таким образом, пользуясь выведенными уравнениями линий регрессий можно высказывать предположения о водопотреблении в республике при указании определенного календарного года, и наоборот, при указании величины водопотребления можно предположить год.

Ключевые слова: корреляционная зависимость, водопотребление, линия регрессии, вода, параметр.

Роль воды в процессе производства исключительно велика. Поэтому анализ потребления, повторного использования, водоотведения, загрязнения [4, с. 11], последствий аварий [2, с. 37] и других аспектов, связанных с водоемами, всегда привлекал внимания исследователей [3, с. 201], что влияет на здоровье населения республики [1, с. 90]. Одновременно с развитием и усовершенствованием методов производства растет и водопотребление заводов. Предприятия немыслимы без мощной, надежно действующей системы водоснабжения, использующего сотни миллионов кубических метров воды в год в системах оборотного водоснабжения.

Установим статистическую зависимость между такими величинами, как водопотребление и календарный год. Изменение календарного года влечет изменение потребление воды (изменяется среднее значение водопотребления республикой), поэтому зависимость между ними корреляционная.

Для установления наличия и характера статистической связи между двумя случайными величинами X (календарный год) и Y (млн.л³ воды), приведем к удобному виду исходный цифровой материал в виде корреляционной таблицы 1.

Таблица 1 Условное распределением

Год \ млн, л3	766,72; 794,4178	794,4178; 822,1156	822,1156; 849,8133
1997-1999			
2000-2002			
2003-2005			1
2006-2008		1	
2009-2011	2		1
2012-2014		1	2
	2	2	4

Год \ млн, л3	849,813; 877,5111	877,511; 905,2089	905,209; 932,9067
1997-1999			
2000-2002		1	1
2003-2005	2		
2006-2008	2		
2009-2011			
2012-2014			
	4	1	1

Год \ млн, л3	932,91; 960,6044	960,604; 988,3022	988,3022; 1016
1997-1999		2	1
2000-2002	1		
2003-2005			
2006-2008			
2009-2011			
2012-2014			
	1	2	1

По данным этой таблицы 1 составили безусловное распределение случайной величины Y (ее эмпирический закон распределения) и безусловное распределение случайной величины X (ее эмпирический закон распределения). По данным безусловных распределений этих величин вычислили средние значения величин $Y_{ср}$ (871,356049382716) и $X_{ср}$ (2005,5) и их средние квадратические отклонения $\sigma_y^2=26,25$ и $\sigma_x^2= 4245,46370565463$. Затем вычислили условное среднее значение случайной величины Y и условное среднее значение величины X .

Так как каждому значению X соответствует одно значение условной средней, то очевидно, условная средняя $Y_{ср}$ есть функция от X . (случайная величина Y зависит от X корреляционно).

Корреляционная зависимость Y от X - функциональная зависимость условной средней Y_{cp} от X : $Y_{cp}=f(X)$ (это уравнение уравнением регрессии Y на X ; функция $f(x)$ называется регрессией Y на X ; график функции $f(x)$ - линией регрессии Y на X).

Так как каждому значению y соответствует одно значение условной средней, то очевидно, условная средняя X_{cp} есть функция от Y . (случайная величина X зависит от Y корреляционно).

Корреляционная зависимость X от Y - функциональная зависимость условной средней X_{cp} от Y : $X_{cp}=f(Y)$ (это уравнение уравнением регрессии X на Y ; функция $f(x)$ называется регрессией X на Y ; график функции $f(x)$ - линией регрессии X на Y).

Рассматриваемые два уравнения регрессии существенно различны и не могут быть получены одно из другого.

Изучение корреляционной связи будем проводить при решении двух основных задач:

- определение формы корреляционной связи, то есть вида теоретической функции регрессии (она может быть линейной и нелинейной);
- определение тесноты (силы) корреляционной связи.

Наиболее простой и важный случай корреляционной зависимости – линейная регрессия. В этом случае теоретические уравнения линейной регрессии Y на X $Y_{cp}=aX+b$ и X на Y $X_{cp}=aY+b$. Коэффициент a - коэффициент регрессии Y на X и обозначают r_{yx} в первом случае и r_{xy} во втором.

Расчитаем неизвестные параметры $r_{yx}= -10,9911816578358$ и $b= 22914,1708641725$ для первой линии регрессии и $r_{xy}= -0,0679592474513224$ и $b= 2064,71670137821$ для второй линии регрессии.

Сделаем графическое изображение эмпирической линии регрессии Y на X и теоретической линии регрессии Y на X , а так же графическое изображение эмпирической линии регрессии X на Y и теоретической линии регрессии X на Y . Для этого в декартовой системе координат по оси OX откладываем значения календарных годов, по оси OY откладываем значения условных средних млн. л3. Получившаяся ломаная - эмпирическая линия регрессии Y на X в первом случае (и эмпирическая линия регрессии X на Y в втором случае). Здесь же на данных графиках строим теоретические линии регрессии, то есть $Y_{cp}= r_{yx}X+b$ и $X_{cp}= r_{xy}Y+b$ с вычисленными коэффициентами. Теоретическая линия регрессии должна на графике быть в «середине» ломаной линии.

В случае линейной регрессии задача определения тесноты связи сводится к вычислению эмпирического (выборочного) коэффициента корреляции $r_b=0,864264099721434$. Если r_b близок по модулю к единице, значит X и Y связаны линейной корреляционной зависимостью достаточно тесно и так как r_b отрицателен, это говорит о том, что обратной зависимостью.

Так же пользуясь полученными уравнениями регрессий $Y_{cp}= -10,9911816578358X+22914,1708641725$ и $X_{cp}= -0,0679592474513224Y+2064,71670137821$ можно высказывать предположения о

водопотреблении при указании определенного календарного года, и наоборот, при указании величины водопотребления можно предположить год, что поможет в анализе состояния водных объектов в будущем [5, с. 27] и прогноза экологического состояния республики [6, с. 383].

Список литературы

- 1 Галин Р.А., Галина Л.Л., Акмадиева Т.Р. Здоровье населения республики Башкортостан: измерение и анализ динамики // Вестник ВЭГУ. 2008. № 2. С. 89-100.
- 2 Габдуллина А.А., Михайловская И.М., Шварёва Е.Н. Использование инструментария оценки и выбора решений в практике послеаварийных восстановительных мероприятий. // Информационные технологии. Проблемы и решения: материалы Международной научно-практической конференции. Дополнительный сборник. - Уфа: Изд-во "Восточная печать", 2014. - 64 с. С. 36-40.
- 3 Филиппов В.Н., Шварева Е.Н., Винкельман А.П., Хлесткин Р.Н. Анализ загрязняемости поверхностных водных объектов Республики Башкортостан нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслями: экология и промышленная безопасность // Нефтегазовое дело.- 2005.- № 3.- С. 291.
- 4 Филиппов В.Н., Шварева Е.Н., Винкельман А.П., Хлесткин Р.Н. Анализ загрязняемости поверхностных водных объектов Республики Башкортостан нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслями // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело.- 2005.- № 2.- С. 11.
- 5 Филиппов В.Н., Шварева Е.Н., Винкельман А.П., Хлесткин Р.Н. Анализ загрязняемости поверхностных водных объектов Республики Башкортостан нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслями // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело.- 2005.- № 2.- С. 27.
- 6 Шварева Е.Н., Филиппов В.Н. Техническое и экологическое состояние Уфимских нефтеперерабатывающих заводов // Материалы 56-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Секция Автоматизация производственных процессов.— Кн. 1.- Уфа.: Изд. УГНТУ, 2005.- 383 с.

УДК 622.692.691.4: 614.84

ДИАГНОСТИКА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НЕФТИ, НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЛИ ГАЗА

*Э.В. Галиакбарова (к.ф.-м.н., доцент), З.Р. Хакимов (ст. преподаватель),
Д.Ф. Якубова (ст. преподаватель)*

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Своевременное обнаружение аварий на трубопроводах остается на сегодняшний день очень острой проблемой для нашей нефтяной

промышленности. Для решения проблемы, в частности, предлагается постоянная диагностика магистральных трубопроводов с использованием интеллектуальной системы контроля. Данная система контроля позволяет вовремя обнаруживать проблемные участки.

Система контроля основана на математической модели движения импульса давления по системе трубопроводов. Для решения поставленной задачи применяются приложения механики движения жидкости и газа в трубах, методы подобия и теории размерности, методы математической физики, численные методы.

Интеллектуальная система обнаружения несанкционированных скачков давления организована для мониторинга давления и волнового сканирования на линейных участках магистральных трубопроводов нефти, нефтепродуктов или газа. Способ основан на сканировании газожидкостных потоков в магистральных трубопроводах импульсами заданной амплитудно-частотной характеристики и обнаружении импульсов, возникающих в них при утечках или пробках.

Ключевые слова: импульс, частота, скачки давления, магистральные трубопроводы, нефть, нефтепродукты, газ, экология, безопасность.

В настоящее время эксплуатируются многокилометровые магистральные трубопроводы различного диаметра. Время их эксплуатации более 25 лет. Проводимые плановые ремонтно-технические мероприятия трубопроводов, полностью не гарантируют безаварийную эксплуатацию. Поэтому разрешение проблемы снижения аварийности на трубопроводах, разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий транспорта нефтепродуктов являются приоритетными.

Внедряемые по настоящее время системы линейной телемеханики и дистанционного управления линейными кранами на магистральных трубопроводах не позволяют автоматизировать процесс обнаружения аварийного участка и его оперативное отключение. Учитывая требования принятых законов РФ необходимо оснащение линейных кранов системами автоматического отключения аварийного участка.

Системы магистральных трубопроводов имеют достаточно сложную структуру. Импульс, генерированный на входе или в узле трубопроводной системы, возбуждает колебательный процесс в линии связи. На основе импульсного сканирования, предлагается организовывать мониторинг давления в трубопроводной системе [3, 4, 5, 6, 7].

Под импульсом понимается отклонение давления от установившегося значения, вызванное кратковременным внешним воздействием. Анализ отклонений давления сводится к математическому решению уравнений, описывающих переходные процессы в системе [1].

В акустическом приближении процессы распространения давления и скорости в линейном трубопроводе, заполненном капельной жидкостью или газом можно описать следующими уравнениями [2]:

$$\begin{aligned}
-\frac{\partial \tilde{p}}{\partial x} &= \tilde{\rho} \left(\frac{\partial v}{\partial t} + 2a v \right) \\
-\frac{\partial \tilde{p}}{\partial t} &= \tilde{\rho} c^2 \frac{\partial v}{\partial x}, \\
2a &\approx \left(\frac{\lambda \tilde{\rho} v}{8 \tilde{R}} \right)_{\text{ср}}.
\end{aligned} \tag{1}$$

где

Здесь a - приведенный коэффициент линейного трения; λ - коэффициент гидравлического сопротивления; $\tilde{R}$ - гидравлический радиус сечения трубы ($\tilde{R} = \frac{d}{4}$), d - внутренний диаметр трубы ($d = \tilde{d} - 2 \cdot \delta$), $\tilde{d}$ - внешний диаметр трубы, δ - толщина его стенки); $\tilde{\rho}$ - приведенная плотность вещества; $\tilde{p}$ - приведенное давление; c - скорость звука в газожидкостном потоке.

Граничные условия для уравнений (1) ставятся исходя из законов сохранения массы и количества движения в конструктивных узлах.

Пусть в трубопроводе установился периодический процесс с периодом T . Решение уравнений (1) можно определить [1], предполагая, что выполнены условия разложения приведенного давления $\tilde{p}(x, t)$ и средней скорости $v(x, t)$ в ряды Фурье. Результаты численных расчетов поставленных задач для нефтепроводов, нефтепродуктопроводов, газопроводов приведены в [2, 8, 9].

Исследования показывают [3, 4, 5, 6, 7], что определяющим в обнаружении места несанкционированного скачка давления является частотная характеристика сканирующего импульса. Система контроля [10] основана на этом положении. Она прошла апробацию на различных технических объектах и доказала свою эффективность.

Интеллектуальная система контроля позволяет повысить безопасность при эксплуатации трубопроводов, тем самым обеспечивая к тому же экологическую безопасность.

Список литературы

- 1 Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.-Л.: Гостехиздат., 1950.
- 2 Галиакбарова Э.В., Гольянов А.А. Математическое моделирование распространения импульса давления в трубопроводной системе // Транспорт и хранение нефтепродуктов: науч. – техн. журн./ 2002. № 10-11. С. 35 -41.
- 3 Галиакбарова Э.В. Математическая модель трубопроводных систем для исследования «утечек» // Обзорение прикладной и промышленной математики, 2006г., т.13, выпуск 3, с.485,- научн. изд. «ТВП», Москва 2006г.
- 4 Галиакбарова Э.В., Галиакбаров В.Ф. Математическое моделирование распространения импульса давления по нефтепроводу для обнаружения

утечек (тезисы)// Моделирование. Теория, методы и средства: материалы XIII междунар. Науч.- практ. Конф., 27 февраля 2013 г. - г. Новочеркасск. – 2013. – с. 23-24

- 5 Галиакбарова Э.В., Галиакбаров В.Ф. Применение интеллектуальных датчиков давления для поддержания экологической и промышленной безопасности магистральных трубопроводов// Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: Материалы научно- практической конференции 23 мая 2013 г. – Уфа, 2013. – с.360
- 6 Галиакбарова Э.В. Галиакбаров В.Ф. Импульсные сканирования магистральных нефте-, водо- и газопроводов для поддержания промышленной и экологической безопасности // Естественные науки: достижения нового века (24-26 авг., 2013 г, Шарджа (ОАЭ): материалы III науч.-практ. конф. с международ. участием // Академический журнал Западной Сибири. 2013. Т. 9. №4 (47). С. 11.
- 7 Галиакбарова Э.В. Галиакбаров В.Ф. Использование интеллектуальных датчиков давления для поддержания промышленной и пожарной безопасности газопроводной системы города // Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: Материалы научно- практической конференции 22-25 апреля 2014 г. – Уфа, 2014. – с. 353
- 8 Галиакбарова Э.В., Галиакбаров В.Ф., Каримов М.С. Теоретические аспекты для организации мониторинга давления в газопроводной системе для поддержания пожарной и промышленной безопасности // Нефтегазовое дело: науч. – техн. журн. / УГНТУ. 2014. № 12 - 3 -с. 140- 146.
- 9 Галиакбаров В.Ф., Ковшов В.Д., Галиакбарова Э.В., Нагаева З.М. Построение интеллектуальной системы обнаружения несанкционированных скачков давления в магистральных трубопроводах для поддержания промышленной и пожарной безопасности// Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефтепродуктов: науч.– техн. журн./ 2015. № 2. С. 188 - 195.
- 10 Система контроля состояния трубопроводов // ФИПС дата подачи декабрь 2015, авторы Галиакбаров В.Ф., Галиакбарова Э.В., Ковшов В.Д., Аминев Ф.М., Хакимова З.Р.

РАЗРАБОТКА ЗАВИСИМОСТИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПЛОЩАДИ ПРОЛИВА ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

*А.В. Краснов (к.т.н., доцент), Э.Ф. Рахматуллина (ассистент)
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Ежегодно в Российской Федерации происходит очень большое количество пожаров пролива горючей жидкости. Одним из способов предотвращения данных аварий является их оценка с последующей разработкой компенсирующих мероприятий. В каждой методике свой подход, необходим единый способ определения площади пролива. Для этой цели авторами была выведена зависимость площади пролива от следующих параметров: объема жидкости, кинематической вязкости и коэффициента впитывания.

Ключевые слова: пожар, пролив горючей жидкости, предотвращение аварий, площадь пролива.

Ежегодно в Российской Федерации происходит достаточно большое количество пожаров пролива горючей жидкости, особенно на нефтеперерабатывающих заводах [9, с. 383]. Это негативно сказывается на экологию. Анализ загрязняемости объектов нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленностями [6, с. 291] проводится ежегодно в регионах. Моделирование трубопроводов должно производиться соответствующим образом [1, с. 70]. Одним из способов предотвращения данных аварий [4, с. 378] является их оценка с последующей разработкой компенсирующих мероприятий [7, с. 642].

В данное время для оценки площади пролива используются следующие методики:

- 1) Постановление Правительства РФ №613

$$S = \pi R^2 = \frac{\pi d^2}{4} \quad (1)$$

- 2) Приказ МЧС России №404

$$S = f_{разл} V \quad (2)$$

$$\begin{aligned} 3) \quad \text{НПБ 105-03 СП 12.13130-2009} \quad S &= f V, \\ f' &= 100 - 150 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} 4) \quad \text{Публикации (Швырков С.А., Горячев С.А., и др. 2001-2008 гг.)} \\ S &= f V, \quad f' = 200 - 520 \end{aligned} \quad (4)$$

- 5) Отчет о НИР МИСИ им. В.В. Куйбышева (Пчелинцев В.А., 1975 г.)

$$S = V_{жс} \cdot ctg\alpha \cdot \frac{\rho \cdot g}{\sigma} \quad (5)$$

6) Отчет о НИР ВНИИПО МВД России (Рябов И.В., Таубкин С.И., Монахов В.Т. 1974 г.)

$$S = fV_{жс}, \quad f = 0,705V_{жс}^{-0,175} \quad (6)$$

7) Публикации (Реутт В.Ч., Тимофеев Н.В., Перовищиков В.Н., 1973 г.)

$$\frac{R}{\sqrt[3]{Q \cdot \tau}} = 0,46 \left(\frac{g \cdot Q \cdot \tau}{\nu^2} \right)^{0,08} \cdot \left(\frac{g \cdot \tau^2}{\sqrt[3]{Q \cdot \tau}} \right)^{0,06} \quad (7)$$

$$\frac{R}{\sqrt[3]{Q \cdot \tau}} = 0,46 \left(\frac{g \cdot Q \cdot \tau}{\nu^2} \right)^{0,08} \cdot \left(\frac{g \cdot \tau^2}{\sqrt[3]{Q \cdot \tau}} \right)^{0,06} \quad (8)$$

В каждой методике свой подход, необходим единый способ определения площади пролива [8, с. 367]. Для этой цели авторами была выведена зависимость площади пролива от следующих параметров: объема жидкости, кинематической вязкости и коэффициента впитывания. Так же важна оценка послеаварийных восстановительных мероприятий [2, с. 36], особенно при нефтепереработке [3, с. 246], о чем говорят данные технико-экологического состояния нефтеперерабатывающих заводов [5, с. 48].

Список литературы

- 1 Бахтизин Р.Н., Масалимов Р.Б., Зарипов Р.М., Шварева Е.Н. Моделирование напряженно-деформированного состояния подземного участка трубопровода, составленного из кривой вогнутой или выпуклой вставки криволинейным полым стержнем в упругой среде //Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 6. С. 69-88.
- 2 Габдуллина А.А., Михайловская И.М., Шварёва Е.Н. Использование инструментария оценки и выбора решений в практике послеаварийных восстановительных мероприятий. // Информационные технологии. Проблемы и решения: материалы Международной научно-практической конференции. Дополнительный сборник. - Уфа: Изд-во "Восточная печать", 2014. - 64 с. С. 36-40.
- 3 Галиакбарова Э.В., Шварева Е.Н., Белозеров А.Е., Бахтизин Р.Н., Жолобова Г.Н., Галиакбаров В.Ф. Расчет параметров смесительного аппарата с вихревыми устройствами методами математической статистики и распознавания образов для качественного обессоливания нефти в элоу //Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2015. № 2. С. 230-265.
- 4 Краснов А.В., Хафизов Ф.Ш., Шарафутдинова Р.Р. смесей // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2014. № 3. С. 377-389.
- 5 Филиппов В.Н., Шварева Е.Н. Информационная база данных технико-экологического состояния Уфимских нефтеперерабатывающих заводов

//Современные проблемы информатизации в прикладных задачах: Сб. трудов XI Международной открытой научной конференции. Вып. 11 /Под ред. д.т.н., проф. О.Я.Кравца. – Воронеж: Издательство “Научная книга”, 2006. – С. 48. (ноябрь 2005 – январь 2006).

- 6 Филиппов В.Н., Шварева Е.Н., Винкельман А.П., Хлесткин Р.Н. Анализ загрязняемости поверхностных водных объектов Республики Башкортостан нефтехимической и нефтеперерабатывающей отраслями: экология и промбезопасность //Нефтегазовое дело. - 2005.- № 3.- С. 291.
- 7 Хафизов И.Ф., Краснов А.В., Сафронов Ю.А. Усовершенствование способа оценки величины пожарного риска магистрального трубопровода на примере оао ак «транснефть» // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2014. № 6. С. 634-663.
- 8 Хафизов Ф.Ш., Краснов А.В., Абрамян Г.К. Метод расчета индивидуального пожарного риска при взрывах внутри помещений // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2015. № 6. С. 360-372.
- 9 Шварева Е.Н., Филиппов В.Н. Техническое и экологическое состояние Уфимских нефтеперерабатывающих заводов //Материалы 56-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Секция Автоматизация производственных процессов. – Кн. 1.- Уфа.: Изд. УГНТУ, 2005.- с.383 (7, 8 апреля 2005).

УДК 51-74:622.276

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ ШТАНГОВОЙ КОЛОННЫ ВИНТОВОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

А.Р. Хусаинова (ММПИ22-15-01)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

АННОТАЦИЯ. При работе винтовой установки с поверхностным приводом возникают колебания крутящего момента, передаваемого от редуктора ротору-винту из-за наличия падающей характеристики коэффициента трения в зависимости от скорости трущихся поверхностей ротора и резиновой обоймы статора. В данной работе рассматривается математическая модель крутильных колебаний колонны штанг винтовой насосной установки.

Ключевые слова: математическая модель, крутильные колебания, штанги, штанговая колонна, винтовая насосная установка.

Одним из наиболее слабых мест винтовых насосных установок с поверхностным приводом является колонна штанг.

Штанги постоянно работают в жидкости, свойства и состав которой существенно влияют на работоспособность штанг.

В течение работы установки штанги испытывают переменные нагрузки. Это обусловлено наличием падающей характеристики коэффициента трения от скорости трущихся поверхностей ротора и резиновой обоймы статора, приводящей к непостоянству крутящего момента [1].

Одним из возможных путей регулирования крутильных колебаний скважинного оборудования винтовой насосной установки с поверхностным приводом является изменение параметров режима эксплуатации. Для этого необходимо составить математическую модель работы «винт – колонна штанг», описывающую поведение этой системы в зависимости от ее параметров и от основных параметров режима эксплуатации.

При составлении математической модели работы системы «винт – колонна штанг» были приняты следующие допущения: скважина вертикальна, колонна штанг с винтом рассматривается как однородный стержень длиной l с сосредоточенной массой в нижнем сечении. Верхнее сечение колонны штанг вращается приводом с постоянной угловой скоростью ω_0 [2].

Состояние любого сечения колонны штанг как системы с распределенными параметрами определяется его пространственным положением x , временной переменной t и скоростью углового перемещения этого сечения $\frac{\partial \varphi}{\partial t}$.

В связи с этим поведение колонны штанг может быть описано неоднородным дифференциальным уравнением в частных производных [1]:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = a^2 \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} - 2\nu \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial t} \quad (1)$$

где φ – угол закручивания колонны штанг;

ν – приведенный коэффициент вязкого трения;

$a^2 = \frac{G \cdot I_p}{I}$ – скорость распространения колебаний вдоль колонны штанг

(G – модуль сдвига материала штанг, I_p – полярный момент инерции поперечного сечения штанг, I – момент инерции колонны штанг относительно оси симметрии, приведенный к единице длины).

Начальные условия будут нулевыми, т. к. в начальный момент времени система «винт – колонна штанг» находится в покое:

$$1. \quad \varphi, x \Big|_{t=0} = 0 \quad (2)$$

$$2. \quad \frac{\partial \varphi}{\partial t} \Big|_{t=0} = 0 \quad (3)$$

Граничные условия:

$$1. \quad \frac{\partial \varphi}{\partial t} \Big|_{x=0} = \omega_0 = const \quad (4)$$

$$2. \quad G \cdot I_p \frac{\partial \varphi}{\partial x} \Big|_{x=l} = -M_{кр} \quad (5)$$

Последнее условие, записано исходя из закона о зависимости между крутящим моментом $M_{кр}$ и углом закручивания вала φ .

Крутящий момент $M_{кр}$, является переменной величиной, поскольку потери на трение зависят от числа Зоммерфельда.

Подставив выражение для определения крутящего момента в (5) получим следующие граничные условия:

$$\begin{aligned}
 1. \quad & \frac{\partial \varphi}{\partial t} \Big|_{x=0} = \omega_0 = const \\
 2. \quad & G \cdot I_p \frac{\partial \varphi}{\partial x} \Big|_{x=l} = \\
 & - \left(1,2 \sqrt{\frac{\mu \cdot \omega \cdot R}{k \cdot \delta}} + 0,009 + \frac{0,48}{1 + 97 \sqrt{\frac{\mu \cdot \omega \cdot R}{k \cdot \delta}}} \right) \cdot r_{\delta} \cdot \left(\frac{C \cdot \delta}{\delta + Bh} \cdot L_{\delta} \cdot \sqrt{2\delta \cdot r_{\delta} - \delta^2} \sqrt{e^2 + \frac{T_0^2}{4 \cdot \pi^2}} + 2P \cdot r_{\delta} \cdot T_0 \right) - \\
 & - \frac{40 \cdot \rho_{жс} \cdot g \cdot eDT \cdot [1eDT\omega\pi - 20\omega^2 \left(\frac{eDT}{\pi^3 \cdot \eta_0 \cdot \eta_{\Gamma}} \right) - 180\pi^2]}{\pi^3 \cdot \eta_0 \cdot \eta_{\Gamma}}
 \end{aligned} \tag{6}$$

В представленной модели, не учитываются потери на трение штанговой колонны на участках локального искривления ствола скважины, где возникают потери на трение штанг о трубы, также зависящие от числа Зоммерфельда [3].

Данная модель позволит произвести расчеты по выбору параметров колебательной стержневой системы «винт – колонна штанг», и таким образом, прогнозировать оптимальные их значения на стадии проектирования. Это в свою очередь позволит разработать соответствующие технические решения для дальнейшего совершенствования конструкций элементов колонны штанг в целях снижения динамических нагрузок на них.

Список литературы

- 1 Давыдов А.Ю. Оценка влияния крутильных колебаний штанговой колонны на работу винтовой насосной установки. – Автореферат дисс. к.т.н., УГНТУ, 2002;
- 2 Уразаков К.Р., Латыпов Б.М., Исмагилов Р.Р. Методика расчета штанговых колонн для винтовых насосных установок // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. №4. с.72 – 94. URL: http://ogbus.ru/issues/4_2015/ogbus_4_2015_p72-94_UrazakovKR_ru.pdf
- 3 Уразаков К.Р., Латыпов Б.М., Исмагилов Р.Р. Экспериментальные исследования коэффициента трения элементов штанговой колонны винтовых насосных установок // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. №3. С.256–270. URL: http://ogbus.ru/issues/3_2015/ogbus_3_2015_p256-270_UrazakovKR_ru.pdf

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ – УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА

Е.О. Шамшович (БСТ-15-01)

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа

Аннотация. В работе рассматриваются математические модели ассоциативного типа – нейронные сети. Описываются их свойства, особенности приложения.

Ключевые слова: нейронная сеть, обучение, персептрон

В настоящее время существует особый вид математических моделей – нейросетевые модели (модели ассоциативного типа). Их архитектура сопоставима со структурой человеческого мозга и подобно ему нейронная сеть способна обучаться и, впоследствии, распознавать или классифицировать объекты. Отличительной особенностью данных моделей является высокая точность классификации, прогнозирования. Правда, надо отметить, что подобными свойствами обладают лишь хорошо “обученные” сети. Для обучения, как правило, необходимы выборки больших объемов, но даже в случаях малых выборок удается получать хорошие результаты при наличии разнообразия в исходном множестве. Практическое применение нейронных сетей долгое время сдерживалось отсутствием удобного ПО, т.к. каждый раз приходилось писать программу, обучать сеть, настраивать веса и т.п. В настоящее время этот сегмент ПО хорошо развит. В качестве примера можно привести Excel Neural Package, STATISTICA Neural Networks StatSoft, STATISTICA 8.0 и др. Одной из наиболее распространенных архитектур НС является многослойный персептрон (рисунок 1).

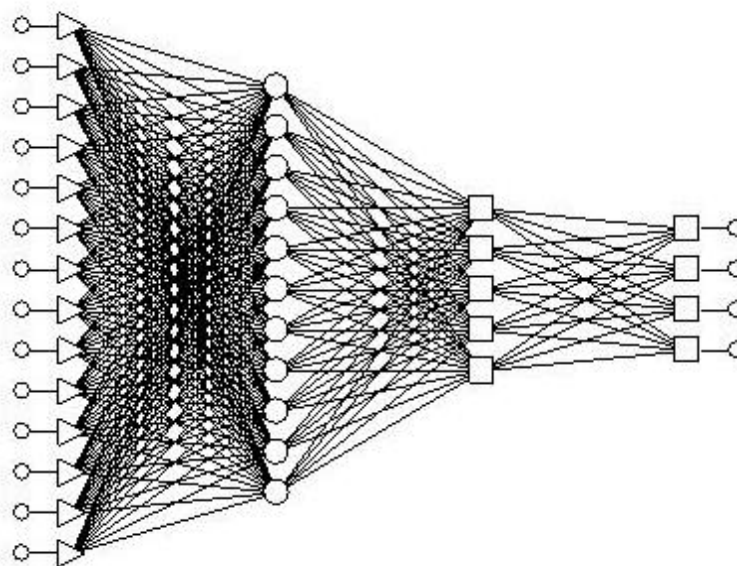


Рисунок 1 - Многослойный персептрон

С его помощью можно решать достаточно разнообразные практические и исследовательские задачи [1, с.73-74; 2, с.29-30; 3; 4, с. 176-177; 5, с. 185-186; 6, с. 46-47; 7, с.256-257; 8, с.128-129; 9, с. 49-52; 10; 11, с.63-64]. Отметим, что многие пакеты содержат опцию подбора оптимальной архитектуры нейронной сети, что достаточно удобно при расчетах. Причем изменение числа входных параметров, а также результат работы алгоритма по определению их значимости ведет к изменению и архитектуры нейронной сети (рисунок 2).

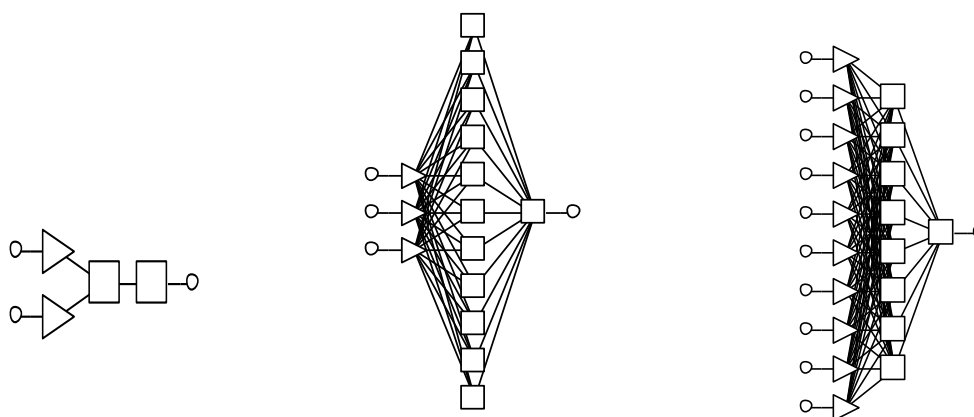


Рисунок 2 - Трансформация структуры НС при изменении числа входных параметров

Список литературы

- 1 Карпов В.Г., Фаткуллин Н.Ю. Ассоциативный подход в решении задач педагогической прогностики // Известия высших учебных заведений «Социология. Экономика. Политика». -2013. -№1. -С. 71-74.
- 2 Фаткуллин Н. Ю. Реализация ассоциативного подхода в решении задач педагогической прогностики в условиях функционирования балльно-рейтинговой системы / Н.Ю. Фаткуллин // Материалы Международной научно-методической конференции (г. Салават, 27 апреля 2012 года) “Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля – фундамент подготовки специалистов будущего”; редкол.: Н.Г. Евдокимова и др. - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2012. – 387 с. – С. 27-30.
- 3 Фаткуллин Н. Ю., Шамшович В. Ф. Нейронная сеть – компонента рейтингового контроля качества образования / Н. Ю. Фаткуллин, В. Ф. Шамшович // Педагогические и информационные технологии в образовании. 2008. №7.
- 4 Фаткуллин Н. Ю., Шамшович В. Ф. Усиление эффекта обратной связи у обучающихся дистанционно на основе ассоциативной модели поэтапного прогнозирования / Р. Н. Бахтизин, А.А. Галлямов, Э.М. Зарипов, Л.А. Сахарова, Н. Ю. Фаткуллин, В. Ф. Шамшович // Нефтегазовое дело. 2015. Т.13. № 1. - С. 173-178.
- 5 Фаткуллин Н. Ю., Шамшович В. Ф., Бахтизин Р. Н. Диагностика и прогнозирование успешности процесса обучения учащихся на основе

- нейронных сетей / Н. Ю. Фаткуллин, В. Ф. Шамшович, Р. Н. Бахтизин // Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции (Москва, ВВЦ, 29.09-02.10.2009) «Образовательная среда сегодня и завтра»; отв. ред. В. И. Солдаткин. – М.: Рособразование, 2009. – 366 с. С. 184-187.
- 6 Фаткуллин Н. Ю., Шамшович В. Ф., Бахтизин Р. Н. Практическая реализация методов дистанционного обучения на основе информационно-коммуникационных технологий при балльно-рейтинговой системе оценке знаний студентов / Н. Ю. Фаткуллин, В. Ф. Шамшович, Р. Н. Бахтизин //Тез. докл. научно-метод. семинара «Дистанционные технологии в учебном процессе»; Иркутск, 28-29 апреля 2010 г. - Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2010. - С.46-47
 - 7 Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В. Ф., Бахтизин Р. Н. Внедрение балльно-рейтинговой системы оценки знаний студентов с использованием информационно-коммуникационных технологий и поведение процедур мониторинга и прогнозирования оценки успеваемости студентов по математике методами нейросетевых технологий / Н. Ю. Фаткуллин, В. Ф. Шамшович, Р. Н. Бахтизин // Материалы второй всероссийской научно-практической конференции (Казань, 16-22 апреля 2010 года) «Электронная Казань 2010» ; редкол. : К. Н. Пономарев (пред.) и др. – Казань : ЮНИВЕРСУМ, 2010. - 354 с. - С.255-258.
 - 8 Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В.Ф. Двухпараметрическая педагогическая модель прогнозирования успешности результатов дистанционного обучения / Н.Ю. Фаткуллин, В.Ф. Шамшович, М.Е. Вайндорф-Сысоева, Т.С. Грязнова // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. 2015. № 4. с. 124-130.
 - 9 Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В.Ф. Исследование результатов обучения учащихся как нелинейной проекции профессиограмм преподавателей - важный этап формирования кадрового состава системы дистанционного обучения / Н.Ю. Фаткуллин, В.Ф. Шамшович, М.Е. Вайндорф-Сысоева // Педагогика и психология образования. 2015. № 1. - С. 45-52.
 - 10 Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В.Ф. Процедура анализа вариаций основной компоненты базы данных тестовых заданий методами нейросетевых технологий / Н. Ю. Фаткуллин, В. Ф. Шамшович, А.А. Галлямов // Педагогические и информационные технологии в образовании. 2009. №8.
 - 11 Фаткуллин, Н. Ю, Шамшович В. Ф., Бахтизин Р. Н. Балльно-рейтинговая система оценки знаний студентов по математике с использованием информационно-коммуникационных технологий в ГОУ ВПО "Уфимский государственный нефтяной технический университет"/ Н.Ю. Фаткуллин, В.Ф. Шамшович, Р.Н. Бахтизин // Матер. четвертой межд. конф. по вопросам обучения с применением технологий e-learning "MOSCOW Education Online 2010": сб. тез. докл. конф. -М.: ООО "Global Conferances", 2010. -280 с. С. 62-64

ПРИЛОЖЕНИЯ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО В РЕШЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Е.О. Шамшиович (БСТ-15-01)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Рассматривается применение метода Монте-Карло (метода статистических испытаний) при имитационном моделировании процессов в производстве, транспортировке и др. Указывается на условия применения, особенности реализации и интерпретации результатов.

Ключевые слова: метод Монте-Карло, имитационное моделирование, статистические характеристики

Как известно, имитационная математическая модель имеет главное неоспоримое преимущество перед статической – разворачивание функционирования изучаемого процесса во времени. Фактически речь идет об “оживлении” процесса, в то время как для статического варианта максимальная динамическая составляющая – метод сценариев.

К достоинствам метода Монте-Карло можно отнести [5]:

1. простоту реализации на компьютере;
2. ошибку при расчетах, как правило, пропорциональна величине

$\sqrt{\frac{D}{N}}$, где D – постоянная величина, определяемая видом случайной величины, N – число испытаний. Таким образом, можно утверждать, что для уменьшения ошибки в 10 раз достаточно увеличить число испытаний в 100 раз, что при современных мощностях ПК вполне реализуемо. Отметим, что основная трудность при использовании данного метода – определение законов случайных величин, входящих в число параметров модели и значения их параметров [1;2]. В то же время при наличии исходной гипотезы о виде распределения случайной величины можно использовать, к примеру, генератор случайных чисел пакета Excel 2000 в различных вариантах в перечне стандартных функций.

С помощью имитационной модели можно реализовывать расчеты надежности магистральных нефтепроводов [6], объема финансирования организации трубопроводного транспорта с учетом фактора аварийности за плановый период [8], загрузки сейсмо-разведочных партий (СРП) по узлам генерируемой транспортной сети [3;4].

Отметим, что в задаче о перемещениях СРП была принята гипотеза о равномерном законе распределения, как варианте, когда ни одна из величин транспортной сети не может считаться более вероятной, чем другая из некоторого фиксированного диапазона. Кроме того, временные ограничения также приняты случайными величинами, что имитирует ограниченность работы СРП по объектам, исходя из сезонных ограничений региона. В то же время в

задаче о расчете объема финансирования использовался закон Вейбулла-Гнеденко [7].

В общем случае, закон распределения каждого из случайных параметров должен определяться по результатам проверки статистических гипотез на основании ретроспективных данных функционирования организации.

Список литературы

- 1 Акмадиева Т.Р. и др. Учебно-методический комплекс дисциплины "Математика". Теория вероятностей. Контрольно - измерительные материалы. Раздел 13. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2009. – 121 с.
- 2 Акмадиева Т.Р. и др. Учебно-методический комплекс дисциплины "Математика". Теория вероятностей. Теоретические основы. Методические указания для студентов. Материалы для самостоятельной работы студентов. Раздел 13. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2009. – 221 с.
- 3 Белошицкий А.В., Карпов В.Г., Фаткуллин Н.Ю. Инструменты оптимизации внутрифирменных планов выполнения сейсморазведочных работ в районах крайнего севера // В сборнике: Инновации в управлении региональным и отраслевым развитием. Сборник научных трудов. Тюмень, 2010. С.
- 4 Карпов В.Г., Белошицкий А.В., Фаткуллин Н.Ю. Инструменты планирования сейсморазведочных работ в регионе // Технологии управления социально-экономическим развитием региона. Материалы II всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 3-х частях. Часть II. -Уфа: ИСЭИ УНЦ РАН, 2009. - 296 с.
- 5 Соболев И.М. Метод Монте-Карло. М.: Наука, 1968. 64 с.
- 6 Фаткуллин Н.Ю., Халикова М.А., Шайнурова А.А. Экономико-математическое моделирование при планировании капитального ремонта магистральных нефтепроводов. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2009. – 221 с.
- 7 Галлямов А.К. Нагаев Р.З., Фаткуллин Н.Ю. Применение математических методов в решении задач надежности промысловых и магистральных нефтепроводов; под ред. А.К. Галлямова; М-во образования Рос. Федерации, гос. образоват. учреждение высш. проф. образования Уфим. гос. нефтяной техн. ун-т. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2004. – 324 с.
- 8 Фаткуллин Н.Ю. Реализация метода статистических испытаний при анализе финансирования капитального ремонта магистральных нефтепроводов // В сборнике: Нефть и газ Западной Сибири материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 40-летию Тюменского государственного нефтегазового университета. Ответственный редактор И. М. Ковенский. 2003. С. 157-158.

**НАХОЖДЕНИЕ ИНТЕГРИРУЮЩЕГО МНОЖИТЕЛЯ,
ЗАВИСЯЩЕГО ОТ ЧАСТНОГО ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ**

А.А. Шварев (БАЭ-14-01), В.М. Якупов (доцент)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Различные виды дифференциальных уравнений имеют приложения во многих областях наук: механике, физике, геометрии и других. С их помощью строят разнообразные математические модели в нефтехимических отраслях, нефтедобыче, нефтетранспортировке, нефтепереработки и это далеко не полный перечень. Одним из видов таких уравнений являются дифференциальные уравнения в полных дифференциалах или дифференциальные уравнения, сводящиеся к ним. Ранее рассматривались только те дифференциальные уравнения, для которых вычисляли интегрирующий множитель, зависящий только от одной переменной. В статье приводится вывод формулы для вычисления интегрирующего множителя, зависящего от частного двух переменных, для сведения уравнений к дифференциальным уравнениям в полных дифференциалах в тех случаях, когда не выполняется их необходимое и достаточное условие. Этим самым появляется возможность решения многих прикладных задач.

Ключевые слова: дифференциальное уравнение, интегрирующий множитель, математическая модель, формула, полный дифференциал, условие, наука.

Теория дифференциальных уравнений занимает очень важное место в математике. Она берет начало из задач механики. К дифференциальным уравнениям приводили также некоторые геометрические задачи. Они имеют различные приложения в естествознании и многочисленные приложения во многих науках: исследования природных процессов и изучение закономерностей общественных процессов приводят к построению математических моделей (в строительстве [1, с. 20; 6, с. 105; 4, с. 32], нефтепереработке, транспортировке нефти [8, с. 31] и газа [5, с. 70], промышленная безопасность [7, с. 37], экология, нефтехимические отрасли [9, с. 47] и т.д.), основой которых являются дифференциальные уравнения (ДУ). В связи с этим, задачи, сводящиеся к дифференциальным уравнениям, на сегодняшний день остаются очень актуальными.

Остановимся на дифференциальных уравнениях в полных дифференциалах, которые рассмотрены в достаточно большом объеме литературы. Так же большое внимание многими авторами уделено дифференциальным уравнениям, приводящимся к дифференциальным уравнениям в полных дифференциалах. Но рассматривались случаи, когда приходилось искать интегрирующий множитель, зависящий от одной

переменной. А о поиске интегрирующего множителя, зависящего от двух переменных, только указывалась необходимость.

Авторами рассмотрена как раз возможность вычисления интегрирующего множителя, зависящего от двух переменных. Сначала авторы вывели формулу для случая, когда интегрирующий множитель зависит от суммы двух переменных $\mu(x+y)$:

$$\mu(z) = e^{\int \frac{\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}}{(P-Q)} dz}, \text{ где } z = x + y. \quad (1)$$

Затем вывели формулу для случая, когда интегрирующий множитель зависит от произведения двух переменных $\mu(x \cdot y)$:

$$\mu(z) = e^{\int \frac{\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}}{(xP-yQ)} dz}, \text{ где } z = x \cdot y. \quad (2)$$

И затем, опираясь на вывод предыдущих формул, вывели формулу для вычисления интегрирующего множителя, зависящего от частного двух переменных $\mu(x/y)$:

$$\mu(z) = e^{-\int \frac{y^2 (\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y})}{(xP-yQ)} dz}, \text{ где } z = \frac{x}{y}. \quad (3)$$

Этим самым появляется возможность решения многих прикладных задач механики [3, с. 43; 2, с. 10]. Особенно это имеет значение при решении разнообразных задач нефтяной промышленности [10, с. 55] и во много других.

Список литературы

- 1 Абзалимов Р.Р. Методика отыскания собственных значений и собственных функций регулярной задачи штурма-лиувилля. // Вестник Башкирского университета. 1999. Т. 2. № 2. С. 20.
- 2 Абзалимов Р.Р. Определение параметра в краевой задаче прандтля по одному собственному значению // В сборнике: Математическое моделирование и краевые задачи Труды Второй Всероссийской научной конференции. Редколлегия: В. П. Радченко (отв. редактор), М. Н. Саушкин (отв. секретарь). 2005. С. 9-11.
- 3 Ахтямов А.М., Захарова М.А. Идентификация местоположения и коэффициента жесткости пружины упругой опоры стержня. // В сборнике: Математическое моделирование и краевые задачи. Труды седьмой Всероссийской научной конференции с международным участием. В.П. Радченко (отв. редактор). 2010. с. 42-44.
- 4 Ахтямов А.М., Захарова М.А. Обратная задача для продольно-поперечного изгиба стержня // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2011. №4. с. а31-33
- 5 Бахтизин Р.Н., Масалимов Р.Б., Зарипов Р.М., Шварева Е.Н. среде // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 6. С. 69-88.
- 6 Башаров Р.А., Виноградов Д.А., Якупов В.М., Шарафиев Р.Г. Новые отечественные технологии при производстве и строительстве трубопроводных систем нефтегазовой инфраструктуры из

- комбинированных труб на основе термопластов // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2012. Т. 89. № 3. С. 102-108.
- 7 Габдуллина А.А., Михайловская И.М., Шварева Е.Н. Использование инструментария оценки и выбора решений в практике послеаварийных восстановительных мероприятий. // Информационные технологии. Проблемы и решения: материалы Международной научно-практической конференции. Дополнительный сборник. - Уфа: Изд-во "Восточная печать", 2014. - 64 с. С. 36-40.
 - 8 Галлямов А.А., Жданова Т.Г., Фаткуллин Н.Ю., Шайнурова А.А. К задаче выбора оптимальной стратегии ремонта трубопроводов // В сборнике: Методы кибернетики химико-технологических процессов V Международная научная конференция. 1999. С. 30-31.
 - 9 Шарафиев Р.Г., Виноградов Д.А., Гильманшин Р.А., Якупов В.М. Причины отказов коррозионностойких трубопроводов // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. 2014. № 3. С. 46-48.
 - 10 Шарафиев Р.Г., Гильманшин Р.А., Виноградов Д.А., Якупов В.М. Безопасность пластмассового трубопровода как опасного производственного объекта // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. 2014. № 2. С. 54-57.

УДК 512.64

ПРИМЕНЕНИЕ СИНГУЛЯРНОЙ МАТРИЦЫ В ХИМИИ

Э.Р. Шавалиева (БТП-15-01)

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа

Аннотация. Рассматриваются применение многофакторного анализа при обработке больших объемов данных по химическим веществам. Описываются условия и особенности применения.

Ключевые слова: вещества, массивы данных, вырожденная матрица, линейный оператор

Одной главной особенностью химика должно быть умение владеть большим объемом информации, для того чтобы успевать за всеми инновациями в ее развитии. Поэтому так важно применение сингулятивных матриц при многомерном анализе химических данных факторными методами. Многомерный анализ играет большую роль в химии. Хемометрика стала применять такие методы как: факторный анализ (ФА), анализ (метод) главных компонент (МГК) и факторный дискриминантный анализ (ФДА). Применение этих методов исходит из задач хемометрики:

а) извлечение полной информации посредством анализа химических данных, искомая поделена на две:

1) описание, группировка и прочтение химических данных;
2) построение моделей на основе химического эксперимента и его протекания, ее предстоящая оптимизация;

б) наилучшее определение замерных процедур и экспериментов [5].

Сферы использования обработки химических данных:

1) Многокомпонентный анализ спектрометрических или хроматографических исходных разнообразных смесей. Цель факторного анализа - нахождение количества компонентов и их опознавание, он применяется для решения вопросов, связанных с равновесиями в растворе и тяжелой кинетикой.

2) Отыскание неизмеримых факторов, описывающие свойства, сложные для четкого моделирования (например, константы нестойкости и кинетические константы). Освещение данных факторов помогает объяснить первоначальные данные.

3) Упрощение путем обработки больших переменных и сведение их к менее объёмным. Такой метод применяют, когда речь идет о поликомпонентных веществах и для определенных в ходе процесса набора данных.

4) Обработка многомерных наборов химических данных методом графического представления объектов и переменных в векторном подпространстве с измерениями меньшего типа [4]. Данный метод позволяет обозреть весь набор данных для их классификации.

Сингулярной называют квадратную матрицу A , определитель которой равен нулю.

Условия вырожденности [1-3]:

1) Строки или столбцы матрицы линейно зависимы.

2) Квадратная матрица A вырождена тогда и только тогда, когда существует ненулевой вектор x , такой, что $Ax = 0$. Иными словами, линейный оператор, соответствующий матрице в стандартном базисе, имеет ненулевое ядро.

Применение сингулярной матрицы в химии, проявляющей практические свойства при обработке данных:

1) Собственные значения, действительные, а также положительные или равные нулю;

2) Число ненулевых собственных значений равняется рангу матрицы;

3) Два собственных вектора, связанные с двумя различными собственными значениями ортогональны.

В химии широко применяются факторные методы, их тип чаще описательный. Данный метод дает возможность уменьшить совокупность исходных данных, при этом, не теряя важной информации.

Этот метод применим для распознавания:

1) Веществ в поликомпонентных смесях, подвергнувшийся анализу посредством ультрафиолетового, инфракрасного и видимого излучения, флуоресценции, масс-спектрометрии, хроматографии;

- 2) Физических факторов, располагающих экспериментальными данными;
- 3) Группы, к которой можно отнести ранее не известный объект в совокупности исходных групп, на которые был сгруппирован первоначальный набор данных.

Чтобы продуктивно обрабатывать данные, сэкономить труд, упростить расчеты, связанные с сингулятивными матрицами, химик может применять данный метод для обработки массива своих данных.

Список литературы

- 1 Акмадиева Т.Р. и др. Учебно-методический комплекс дисциплины математика линейная и векторная алгебра. Контрольно - измерительные материалы. Раздел 1. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2007. – 175 с.
- 2 Галлямов А.А., Сулейманов И.Н., Фаткуллин Н.Ю. Реализация планирования на нефтехимическом предприятии на основе линейных моделей. Методические указания по выполнению курсовой работы для студентов специальности 06 08. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 1999. – 24 с.
- 3 Ковалева Э.А., Умергалина Т.В. Учебно-методический комплекс дисциплины "Математика". Теоретические основы. Методические указания для студентов. Материалы для самостоятельной работы студентов. Раздел 1. Линейная и векторная алгебра. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2007. – 118 с.
- 4 Лоусон Ч., Хенсон Р. Численное решение задач метода наименьших квадратов / Пер. с англ. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. - 232 с.
- 5 ЭВМ помогает химии: Пер. с англ. /Под ред. Г. Вернена, М. Шанона. - Л.: Химия, 1990. - Пер. изд.: Великобритания, 1986. - 384 с.

УДК 665.6:512.5

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ МАТРИЧНЫМИ МОДЕЛЯМИ

Т.П. Ляпкина (БТП-15-02)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Рассматривается применение экономико-математической модели баланса технологического процесса нефтепереработки на примере ОАО «Орскнефтеоргсинтез» по трем видам продукции. В расчетах производимый продукт разделяется на валовый, промежуточный и конечный.

Ключевые слова: экономико-математическая модель, матричный баланс, технологический процесс, переработка нефтепродуктов, процесс оптимизации.

Актуальность применения матричных моделей баланса в технологическом процессе переработки нефтепродуктов заключается в том, что именно этим методом можно выявить слабые стороны экономики предприятия при наступлении кризисных явлений. Специалисты НГК должны уметь правильно применять матричные модели, чтобы правильно прогнозировать будущее развитие технологического процесса предприятия, которое направлено на нефтепереработку, переработку или синтез органических соединений, углеродистых материалов. В подготовке будущего специалиста важную роль играют основы математики, в данном случае – линейная алгебра [1;4]. Матричная модель не дает абсолютно точных количественных оценок. Но она достаточно адекватно представляет стратегические направления и воздействия, так как основывается на анализе конкретных данных предприятия, позволяет сравнивать динамику процесса и выявлять пути развития.

Рассмотрим применение данной модели в технологическом процессе переработки нефтепродуктов ОАО «Орскнефтеоргсинтез» (ОНОС). Так как продукция ОНОС реализуется не только на внутреннем рынке России, но и, благодаря ее качеству и ассортименту, охватывает всю территорию Российской Федерации, на предприятии должны находиться специалисты НГК, которые смогут контролировать работу процесса таким образом, что это будет выгодно для всех сторон.

Так как ОНОС находится в нефтеперерабатывающей сфере рыночной экономики, то дальновидными являются два пути развития:

1. переход его участников на более высокий уровень рынка, что тяжело осуществить из-за жестких условий конкуренции;
2. снижение цены, при этом сохраняется качество продукта.

Один из путей снижения цен на вырабатываемую продукцию, то есть повышение качества на основе использования экономико-математических моделей [5]. При создании таких экономико-математических моделей часто лежит балансовый метод, который взаимно сопоставляет имеющиеся ресурсы и потребности [2;3].

Экономико-математическую модель баланса ОНОС можно записать в виде системы уравнений:

$$X_1 = X_{11} + X_{12} + \dots + X_{1n} + Y_1$$

$$X_2 = X_{21} + X_{22} + \dots + X_{2n} + Y_2$$

.....

$$X_n = X_{n1} + X_{n2} + \dots + X_{n1} + Y_n$$

где X ($X_1, X_2, \dots, X_n$)- это валовый продукт(то есть то ,что производит НПЗ: керосин, дизель, битум);

Y ($Y_1, Y_2, \dots, Y_n$)- это конечное потребление и накопление продукции перед ее реализацией;

X_{ij} – это материальные затраты на плановый период (то есть X_{12} это затраты нефтяных масел, смол для производства битума).

Необходимо учесть, что сбалансированность производства продукции и потребления производственных ресурсов — одно из основных условий

эффективного развития различных субъектов микроэкономики задач. В результате разработки матричного баланса можно получить экономическую информацию, которая характеризует количественную меру взаимосвязи в развитии отдельных компонентов, а также структуру связей, возникающих при производстве и потреблении продукции.

Далее рассмотрим составление матричного баланса на примере ОНОС. Три цеха предприятия выпускают нефтесодержащую продукцию трех видов. Часть продукции идет на внутреннее потребление (для поддержания работы технологических процессов, аппаратов), остальная является конечным продуктом, которая идет непосредственно на реализацию (см. таблицу 1).

Таблица 1 - Соотношение видов продукции по цехам

Цеха, производящие продукцию	Цех 1	Цех 2	Цех 3	Конечная продукция	Валовая продукция
1	180,96	97,3	206	484,26	968,52
2	189,12	170	90	449,12	898,24
3	250	50,6	176,92	477,52	955,04
Итого	620,08	317,9	472,92	1410,9	2821,8

$$\text{Матрица } A = \begin{pmatrix} 0,2 & 0,1 & 0,2 \\ 0,2 & 0,2 & 0,1 \\ 0,3 & 0,3 & 0,2 \end{pmatrix}; \text{ матрица } Y = \begin{pmatrix} 484,26 \\ 449,12 \\ 477,52 \end{pmatrix}.$$

Составим систему уравнений и решим ее :

$$X_1 = 0,2X_1 + 0,1X_2 + 0,2X_3 + 484,26$$

$$X_2 = 0,2X_1 + 0,2X_2 + 0,1X_3 + 449,12$$

$$X_3 = 0,3X_1 + 0,3X_2 + 0,2X_3 + 477,52$$

Валовая продукция цехов: $X_1 = 968,52$ млн. руб.; $X_2 = 898,24$ млн. руб.; $X_3 = 955,04$ млн. руб..

Распределение продукции между цехами на внутреннее потребление:

$$X_{11} = 0,2 \cdot 484,26 = 96,852 \text{ млн. руб.};$$

$$X_{12} = 0,1 \cdot 449,12 = 44,912 \text{ млн. руб.};$$

$$X_{13} = 0,2 \cdot 955,04 = 191,008 \text{ млн. руб. и тд.}$$

Матричный баланс позволяет рассчитать валовую, промежуточную и конечную продукцию ОАО «Орскнефтеоргсинтез» и может служить важнейшим инструментом оценки баланса развития производства нефтеперерабатывающего завода. Кроме того, применение матричных моделей в технологии процесса нефтепереработки является неотъемлемой частью работы предприятия, а так же данные модели помогают выявить недостатки во время работы. Специалисты НГК, умеющие пользоваться методом матричного баланса, всегда предложат наиболее оптимальный вариант решения возникшей проблемы.

Список литературы

- 1 Акмадиева Т.Р. и др. Учебно-методический комплекс дисциплины

математика линейная и векторная алгебра. Контрольно - измерительные материалы. Раздел 1. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2007. – 175 с.

- 2 Акмадиева Т.Р. и др. Учебно-методический комплекс дисциплины математика элементы дискретной математики. Контрольно - измерительные материалы. Раздел 12. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2008. – 64 с.
- 3 Галлямов А.А., Сулейманов И.Н., Фаткуллин Н.Ю. Реализация планирования на нефтехимическом предприятии на основе линейных моделей. Методические указания по выполнению курсовой работы для студентов специальности 06 08. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 1999. – 24 с.
- 4 Ковалева Э.А., Умергалина Т.В. Учебно-методический комплекс дисциплины "Математика". Теоретические основы. Методические указания для студентов. Материалы для самостоятельной работы студентов. Раздел 1. Линейная и векторная алгебра. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2007. – 118 с.
- 5 Фаткуллин Н.Ю., Халикова М.А., Шайнурова А.А. Экономико-математическое моделирование при планировании капитального ремонта магистральных нефтепроводов. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2009. – 221 с.

УДК 62-1

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ В ЗАДАЧАХ ДОБЫЧИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Т.С. Андаров (БТП-15-01)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Описывается применение теории нечетких множеств в задачах оптимизации состава нефтяных скважин, при размещении ремонтных баз при проведении капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов.

Ключевые слова: нечеткие множества, добыча и транспортировка нефтепродуктов, процесс оптимизации

В процессе эксплуатации нефтяных месторождений в результате ряда исследований и промышленного развития в мире накоплен огромный опыт повышения нефтеотдачи пластов. Исходя из принципа оптимизации фонда управления скважин для достижения наилучших экономических результатов, с учетом существующих ограничений и фактора времени, необходимо прогнозировать влияние каждого метода на каждую скважину, что практически невозможно в больших полях. Необходимо решить две основные проблемы.

Первая - автоматизированный выбор скважин-кандидатов для проведения геолого-технических мероприятий, а вторая - по выбору лучших технических и технико-экономических показателей влияния метода известны. Предлагается практическое применение одного из методов интеллектуального анализа данных, на основе современного математического аппарата - теории нечетких множеств. В отличие от классической теории множеств, в которых двоичная система оценки (элемент либо принадлежит или не принадлежит), используемой непрерывной оценки аксессуаров в теории нечетких множеств, которая изменяется постепенно и описывается функцией принадлежности [2]. Это устройство является наиболее удобным при обработке реальных геолого-эксплуатационных и технологических данных, которые могут иметь существенные ошибки и неточности. Предлагается действовать на основании "принципа Парето". На основе анализа геологических и технологических условий эксплуатации скважин построить функции принадлежности к понятиям "приоритетности" скважин. Тем самым ограничив (оптимизировав) их исходный состав. Сложность данной задачи изначально заключается в том, что практически невозможно разделить скважины на приоритетные и неприоритетные при большом числе характеристик.

Другое приложение теории нечетких множеств – определение мест размещения временных ремонтных баз при проведении капитального ремонта линейной части магистральных нефтепроводов. Данная задача является многокритериальной (удаленность от места проведения ремонта, количество баз, удаленность от населенных пунктов и т.п.) Построение функций принадлежности в данном случае производится исходя из топографии нефтепровода и структуры населенных пунктов региона. После построения данных функций и свертки значений частных критериев в один общий можно получить оптимальное значение числа временных ремонтных баз, а также точек их размещения [3;5].

Отметим, что применение нечетких множеств эффективно и в других областях, например – образовании [1;4;6], что подчеркивает универсальность данного математического аппарата.

Список литературы

- 1 Бахтизин Р.Н., Шамшович В.Ф., Фаткуллин Н.Ю. Оптимизация тестового контроля в системе дистанционного обучения путем групповой дифференциации тестовых заданий методами теории нечетких множеств // MOSCOW Education Online 2011 V Международная конференция по вопросам обучения с применением технологий e-learning, сборник материалов. - 2011. С. 48-51.
- 2 Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. - М.: Мир, 1976, С.172-215.
- 3 Фаткуллин Н.Ю. Реализация алгоритмов теории нечетких множеств при решении многокритериальной задачи размещения // Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и

образовании XII Международная научно-техническая конференция: сборник статей. Пензенский технологический институт и др.; под редакцией В. И. Левина. 2003. С. 119-121.

- 4 Фаткуллин Н.Ю., Байрамгулова Р.С., Жданова Т.Г. Оптимизация деятельности преподавательского состава высших учебных заведений алгоритмами теории нечетких множеств / Н.Ю. Фаткуллин, Р.С. Байрамгулова, Т.Г. Жданова / Сборник материалов региональной научно-практической конференции «Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе»: Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 211 с. С.123-127
- 5 Фаткуллин Н.Ю., Халикова М.А., Шайнурова А.А. Экономико-математическое моделирование при планировании капитального ремонта магистральных нефтепроводов. – Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2009. – 221 с.
- 6 Фаткуллин Н.Ю., Шамшович В.Ф. Решение многокритериальной задачи оценки уровня знаний студентов методами теории нечетких множеств // Педагогические и информационные технологии в образовании. 2008. № 7. С. 10.

УДК 519.6

ПРИБЛИЖЕННОЕ РЕШЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОСТЫВАНИЯ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА

М.Р. Михайлова (ММТ51-15-01)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Перспективы развития топливно-энергетического комплекса России на ближайшие десятилетия ориентируются на освоение месторождений крайнего севера и морских шельфов северных районов и дальнего востока.

В связи с этим в работе сформулирована задача остывания нефтепровода при его остановке. На основе построенной математической модели получено приближенное решение уравнения Лапласа на плоскости в цилиндрических координатах. Полученное решение позволило найти выражение для расчета времени застывания нефтепровода в зависимости от диаметра трубопровода и теплофизических характеристик нефти и окружающей трубопровод среды. Это позволит оценить время безопасной остановки нефтепровода. Полученные результаты могут быть использованы в практических расчетах.

Ключевые слова: трубопровод, нефть, теплопередача, математическая модель, цилиндрические координаты, нестационарный процесс, приближенное решение, уравнение Лапласа.

Системы магистральных нефтепроводов представляют собой сложные технологические объекты, при эксплуатации которых возникают различные

осложнения, вызванные существенной зависимостью физико-химических характеристик нефти от температуры. В условиях северных районов России, и в период зимних холодов на европейской части нашей страны и в районах Сибири и Дальнего востока температурный режим окружающей среды формируется в области отрицательных температур. Тогда при наличии разности температур нефти в трубе и окружающей среды начинается интенсивный процесс остывания продукта перекачки, вызванный кристаллизацией парафина, который усложняется присутствием в нефти асфальто-смолистых веществ [1; 2].

Рассмотрим трубопровод, по которому течет нефть с температурой застывания T_1 . Пусть температура грунта, окружающего этот трубопровод $T_2 < T_1$. Тогда в случае остановки трубопровода, находящаяся в нем жидкость через некоторое время застынет. При этом процессе промерзания будет распространяться с внешней поверхности трубы к её основанию. (рисунок 1). Граница промерзания дана окружностью радиуса b для момента времени t , считая за начальное время момент начала промерзания. Тогда за время dt граница промерзания продвинется внутрь на величину $(-db)$, т.к. b с возрастанием t убывает. При этом внутренность трубы разделится на две области: область 2, где жидкость не замерзла: область 1, где она уже замерзла.

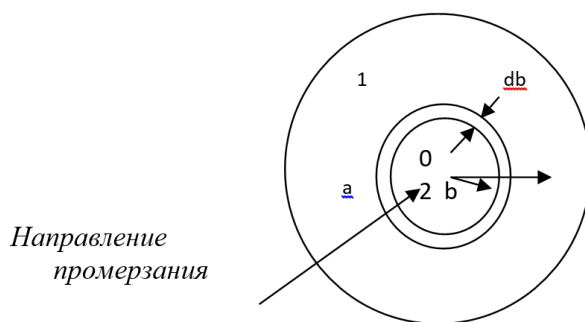


Рисунок 1

Обозначим в области 1; λ_1 - коэффициент теплопроводности; C_1 - удельную теплоемкость; ρ_1 - плотность; U_1 - температуру; В области 2 те же обозначения с соответствующим индексом: λ_2 ; C_2 ; ρ_2 ; U_2 . Скрытую теплоту плавления обозначим K , а температуру замерзания T_3 . Считая явления во всех плоскостях, перпендикулярных к оси трубопровода, одинаковыми и друг от друга не зависящими, для области 1 получим уравнение теплопроводности

[3;4]

$$\frac{d^2 U_1}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dU_1}{dr} = \frac{C_1 \rho_1}{\lambda_1} \frac{dU_1}{dt}, \quad (1)$$

где r - расстояние от центра. Граничные условия для U_1 имеют вид:

$$\left. \begin{array}{l} U_1 = T_1 \text{ при } r = a \\ U_1 = T_3 \text{ при } r = b \end{array} \right\} \quad (2)$$

Для области 2 уравнение теплопроводность имеет вид

$$\frac{d^2 U_2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dU_2}{dr} = \frac{C_2 \rho_2}{\lambda_2} \frac{dU_2}{dt} \quad (3)$$

Граничное условие для U_2

$$U_2 = T_3 \text{ для } r=b \quad (4)$$

Начальное условие

$$U_2 = T_2 \text{ для } t=0 \text{ где } 0 \leq r \leq b \quad (5)$$

Кроме того, на границе промерзания ($r=b$) имеем еще одно условие, состоящее в том, что при промерзании вследствие освобождения скрытой теплоты плавления, образуется поток тепла, по направлению радиуса от центра. Т.к. за время dt граница промерзания продвинулась на величину $(-db)$, то при этом на единицу длины трубопровода освободилось количество тепла равное $(-k \cdot \rho_2 db)$. Следовательно, в единицу времени из области 2 в область 1 получим тепловой поток.

$$q = -k\rho_2 \frac{db}{dt} - \lambda_2 \left(\frac{dU_2}{dr} \right)_{r=b}, \quad (6)$$

т.к. сюда добавилась теплота, передаваемая из области 2 теплопроводностью. Этот поток передается путем теплопроводности через область 1 в грунт, следовательно, для него имеет место выражение

$$q = -\lambda_1 \left(\frac{dU_1}{dr} \right)_{r=b} \quad (7)$$

Сравнивая (6) и (7), получим

$$k\rho_2 \frac{db}{dt} = \lambda_1 \frac{dU_1}{dr} - \lambda_2 \frac{dU_2}{dr} \text{ для } r=b \quad (8)$$

Полученное выражение (8) есть основное условие на границе промерзания грунта, где предполагается, что грунт ограничен плоскостью и промерзание распространяется параллельными слоями внутрь. Решение этой задачи получено при условии (см. рисунок 2).

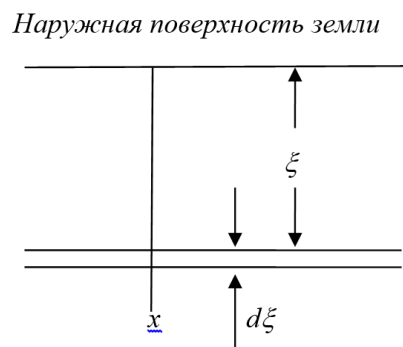


Рисунок 2

$$\lambda_1 \frac{dU_1}{dx} - \lambda_2 \frac{dU_2}{dx} = k\rho_2 \frac{d\xi}{dt} \quad (9)$$

для $x = \xi$

Для получения приближенного решения удовлетворим граничные условия (2), приняв

$$U_1 = T_1 + \frac{T_3 T_1}{\xi} \cdot x, \quad (10)$$

$$U_2 = T_2 = \text{const} \quad (11)$$

Подставляя эти условия в (9) получим

$$\frac{\lambda_1(T_3 - T_1)}{\xi} = k\rho_1 \frac{d\xi}{dt};$$

Отсюда интегрируя [5;6], найдем:

$$\left. \begin{aligned} \xi &= \alpha \cdot \sqrt{t} \\ \alpha &= \sqrt{\frac{2\lambda_1(T_3 - T_1)}{k\rho_2}} \end{aligned} \right\} \quad \text{где} \quad (12)$$

Для решения уравнения (8), примем (по аналогии с (9)-(12)):

$$U_1 = \frac{(T_3 - T_1) \ln a - T_3 \ln b}{\ln\left(\frac{a}{b}\right)} \quad (13)$$

$$U_2 = \text{const} \quad (14)$$

Подставляя (13) и (14) в (8), получим:

$$k\rho_2 \frac{db}{dt} = \lambda_1 \frac{T_1 - T_3}{b \ln\left(\frac{a}{b}\right)} \quad (15)$$

$$\text{или } b \ln \frac{a}{b} db = \frac{\lambda_1(T_1 - T_3)}{k\rho_2} dt$$

Интегрирую последнее равенство и принимая во внимание, что

$$\int r \ln r dr = \frac{r^2}{2} \ln r - \frac{r^2}{4}$$

$$\text{получаем } \frac{b^2}{2} \ln\left(\frac{a}{b}\right) + \frac{b^2}{4} = \frac{\lambda_1(T_1 - T_3)}{k\rho_2} t + \text{const}$$

Но в начальный момент при $t = 0$ имеем $b = a$.

Тогда $\frac{a^2}{4} = \text{const}$, следовательно, окончательно получаем

$$\frac{b^2}{2} \ln\left(\frac{a}{b}\right) - \frac{a^2 - b^2}{4} = \frac{\lambda_1(T_1 - T_3)}{k\rho_2} t \quad (16)$$

Это и есть выражение, позволяющее построить кривую промерзания

$$\frac{b}{a} = f(t).$$

Определим время полного промерзания остановленного трубопровода t_0 . Для этого внесем в уравнение (16) $t=t_0=0$

$$\text{Это дает } t_0 = \frac{k\rho_2 a^2}{4\lambda_1(T_3 - T_1)} \quad (17)$$

Возьмем, например, трубопровод диаметром $D=100\text{см}$ заполненный парафинистой нефтью. Для расчета величины t_0 используем следующие величины для формулы (17):

радиус трубопровода $a=50\text{см}$

скрытая теплота плавления парафина $k=10$

плотность нефти $\rho_2 = 0,85\text{кг/см}^3$

коэффициент теплопроводности застывшей нефти

$$\lambda_1 = 0,0003$$

$$T_3 - T_1 = 10^0 \text{ C}$$

Внося эти величины в формулу (17),

$$\text{получим: } t_0 = \frac{10 \cdot 0,85 \cdot 2500}{4 \cdot 0,0003 \cdot 10} = 11770833\text{с} \approx 491\text{час} \approx 20\text{суток}.$$

$$\text{При тех же параметрах нефти для трубопровода диаметром } 25,0\text{см} \text{ время застывания трубопровода } t_0 = \frac{10 \cdot 0,85 \cdot (12,5)^2}{4 \cdot 0,0003 \cdot 10} = 110677\text{с} \approx 31\text{час}.$$

Список литературы

- 1 Мирзаджанзаде, А.Х. Моделирование процессов нефтегазодобычи. Неленейность, неравномерность, неопределенность [Текст]: научное издание/ А.Х. Мирзаджанзаде, М.М. Хасанов, Р.Н. Бахтизин. - М.:Ин-т компьютерных исследований. 2005.-368с.
- 2 Арменский, Е.А. Влияние асфальто-смолистых веществ на интенсивность запарафинивания магистральных нефтепроводов/ Е.А. Арменский, Б.Н. Мастобаев, Р.Я. Хайбуллин // Нефтяное хозяйство. -1983. -№3. - с 42.
- 3 Тихонов, А.Н. Уранение математической физики [Текст]: учебник / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. -М.:Наука.2004.-798с.
- 4 Учебно-методический комплекс дисциплины «Математика»/ Т.Р. Акмадиева и др.: ред. Р.Н. Бахтизин: УГНТУ, каф. Математики.- Уфа: изд. УГНТУ. Раздел 9: Дифференциальные уравнения». Теоретические основы. Методические указания для студентов. Материалы для самостоятельной работы студентов. -2008.-288с.
- 5 Учебно-методический комплекс дисциплины «Математика»/ Т.Р. Акмадиева и др.: ред. Р.Н. Бахтизин: УГНТУ, каф. Математики. - Уфа: изд. УГНТУ. Раздел 6: Интегральное исчисление функции одной переменной» Теоретические основы. Методические указания для студентов. Материалы

для самостоятельной работы студентов. -2007.-160с.

- 6 Учебно-методический комплекс дисциплины «Математика»/ Т.Р. Акмадиева и др.: ред. Р.Н. Бахтизин: УГНТУ, каф. Математики. - Уфа: изд. УГНТУ. Раздел 5: Дифференциальное исчисление функции нескольких переменных» Теоретические основы. Методические указания для студентов. Материалы для самостоятельной работы студентов. - Уфа: изд. УГНТУ, 2007. -130с.

УДК 387

РОЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ НЕФТЕГАЗОВОГО ПРОФИЛЯ

О.В. Потанина (доцент)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. В статье говорится о роли математики в профессиональной деятельности инженера нефтегазового профиля. Математика является основой для формирования ключевых профессиональных компетенций. Без достаточной математической подготовки невозможно осуществлять решение практических задач в профессиональной деятельности человека. Рассмотрены вопросы применения математического аппарата для исследования моделей технических систем и процессов.

Ключевые слова: Математическая компетенция, математическое моделирование, методы решения инженерных задач.

Изучение математики, будущими инженерами, имеет в себе большой профессиональный контекст. С одной стороны, при решении прикладных проблем средствами математики происходит интеграция математических знаний, предметная визуализация математических методов, с другой стороны, естественнонаучные и специальные дисциплины взаимодействуют с математикой в процессе моделирования и поиска решения.

Если в технических науках создается, обосновывается и исследуется набор методов решения инженерных задач, то главным показателем инженерного искусства является выбор такого математического решения, которое было бы адекватно поставленной задаче. Этот выбор и оценка результатов должны основываться на понимании допущений, лежащих в их основе, на умении физически интерпретировать формализованные решения.

Таким образом, теоретическое познание в технических науках направлено на построение моделей технических систем, позволяющих давать математическое описание и получать численное решение для различных режимов функционирования технического устройства.

«В связи с этим центральным объектом гносеологического анализа – исследовательские процедуры и теоретические схематизации технической науки, позволяющие осуществлять переход от структурно-морфологических

изображений устройств, ... к изображению самих процессов, т.е. к математизированной модели процесса-оригинала. Важнейшим моментом такого перехода является работа с математическими уравнениями исследуемых процессов, компонентам которых приписывается статус существования...» [1].

Применение новых наукоемких технологий в работе нефтегазового комплекса значительно повышает требования в области фундаментальных наук, предъявляемые к выпускникам высших учебных заведений инженерного профиля.

Анализ квалификационного справочника должностных инструкций [5], показывает, что основной инженерной задачей считается разработка новых и оптимизация существующих решений, следовательно, для инженерной деятельности необходима база определенных знаний, существенной составляющей которой является математическая компетентность.

Выпускник технического вуза нефтегазового профиля должен знать: аналитические и численные методы анализа математических моделей нефтегазовых процессов; экономико-математические методы при выполнении экономических расчетов и в процессе управления; методы проектирования технологических процессов; владеть: математическим аппаратом и средствами компьютерной графики для расчетов параметров технологического процесса; методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования

В современных экономических условиях инженер в нефтяной отрасли должен уметь: проводить фундаментальные и прикладные исследования в области нефтегазового дела; создавать новые технологии; выполнять опытно конструкторские разработки; анализировать состояния и динамики объектов деятельности с использованием необходимых методов и средств [2, 3, 8]. Поэтому актуальным является формирование математической компетентности, как элемент системы формирования ключевых компетенций [6].

В 1973 году было создано Европейское общество инженерного образования (European Society for Engineering Education, SEFI). Разработчики SEFI под математической компетенцией, подразумевают способность к пониманию, суждению, применению математики в различных внутренних и внешних математических контекстах, и ситуациях, в которых математика играет или может играть роль [3]. Эта компетенция включает в себя 8 составляющих.

Эти компетенции перекрываются, т.е. аспекты одной компетенции могут быть необходимы и в другой, но, они подчеркивают различные нюансы. При этом 8 компетенций подразделяются на 2 группы. Первая группа (*thinking mathematically, reasoning mathematically, posing and solving mathematical problems, modelling mathematically*) отвечает за способность задавать и отвечать на вопросы внутри математики и связанные с математикой, в то время, как вторая группа (*representing mathematical entities, handling mathematical symbols and formalism, communicating in, with, and about mathematics, making use of aids*

and tools) соотносится со способностью владеть и управлять математическим языком и инструментами.

Результаты обучения (сформированности математической компетенции) представлены в виде структуры, имеющей 4 уровня. Эти уровни представляют собой попытку изобразить иерархически процесс изучения математики для инженерных направлений подготовки. Нулевой уровень (Core Zero) означает наличие предварительных необходимых знаний, умений и навыков, которыми должен обладать студент до момента начала обучения по инженерной программе. Этот уровень содержит материал, который образует прочную платформу, на которой строится изучение математических курсов для инженерных направлений в университетах и высших школах, и допускаются лишь незначительные упущения в знании и понимании материала указанного уровня. Данный материал сгруппирован по пяти дисциплинам: алгебра, математический анализ и исчисления, дискретная математика, геометрия и тригонометрия, статистика и теория вероятностей.

Проникновение математических методов во многие сферы практической деятельности привело к появлению целого ряда новых математических дисциплин.

Возникновение в 1950-х гг. теории колебаний - междисциплинарной теории, нацелено на физико-математический анализ процессов в конкретных динамических системах любой природы. В теории колебаний разрабатывается совокупность математических моделей, позволяющая выделять и исследовать характерный класс процессов различного происхождения: в физике, в биологии, в механике, в различных областях техники. К этому же типу общетехнических дисциплин можно отнести теорию подобия, возникшую из задач теплотехники и нашедшую применение в решении проблем химической технологии, электротехнике и других областях инженерной и научной деятельности. Поэтому особое место в математической подготовке занимает курс математического моделирования, который позволяет реализовать потребности в инженерно-ориентированных математических знаниях и методах.

Теоретическое исследование направлено на построение моделей процесса или системы, существенным моментом такого перехода является работа с математическими уравнениями исследуемых процессов или явлений, компонентам которых приписывается статус существования.

Оборотной стороной математизации является углубленное изучение картины реальных физических или иных процессов, необходимое для понимания границ применимости тех или иных рациональных упрощений и, соответственно, того или иного математического аппарата.

Условно можно выделить *материальное* и *идеальное* моделирование. Идеальное моделирование разделяют на: *интуитивное (эвристическое)* и *научное* [7].

Научное моделирование—это всегда логически обоснованное моделирование, использующее минимальное число предложений, принятых в качестве гипотез на основании наблюдений за объектом моделирования.

Математическое моделирование (моделирование с помощью математических соотношений) является примером знакового моделирования. *Математическое моделирование*—это идеальное научное знаковое формальное моделирование, при котором описание объекта осуществляется на языке математики, а исследование модели проводится с использованием тех или иных математических методов.

В настоящее время это один из самых результативных и наиболее часто применяемых методов научного исследования. В ряде случаев математическое моделирование является единственно возможным.

Для конкретной задачи строится математическая модель. Математические модели физических процессов позволяют понять, как происходит процесс и предсказать, как он будет развиваться.

Физические процессы происходят в пространстве и времени, учет их изменений, показывает, что математическим аппаратом их описания являются дифференциальные уравнения. Математическая модель в виде одного или нескольких обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) широко используются при изучении переходных процессов в системах автоматического регулирования (САР), при описании баллистики летательных аппаратов, а также при описании процессов движения (потoki, частицы, механические элементы).

Ряд задач, связанных с использованием физических полей, приводит к моделям в виде дифференциальных уравнений в частных производных[4].

К таким моделям сводятся описания полей температур в элементах конструкции двигателя и полей скоростей при течении жидкости (газа). Уравнениями в частных производных описываются колебания элементов конструкции и поля напряжений, возникающих при работе этих элементов. Таким образом, теория дифференциальных уравнений является важным математическим аппаратом для исследования моделей.

Точные величины и зависимости, используемые в детерминированных моделях, представляют собой лишь некоторые средние значения (математические ожидания) реальных случайных величин [7]. Так, физические константы, характеризующие материалы и рабочие тела (предел прочности материала σ , теплопроводность λ , плотность ρ и т.д.) меняются в зависимости от партии материала и условий окружающей среды. Всегда имеется определенный разброс размеров деталей l , расходов топлива в системах подачи. Все это приводит к тому, что и результирующие функции, характеризующие процесс, также носят случайный характер. Результаты, полученные с помощью детерминированной модели, представляют собой математические ожидания этих характеристик. При этом конкретные данные для конкретной системы могут существенно отличаться от этих математических ожиданий. Переход от детерминированных моделей к стохастическим, позволяет получить более

точные и объективные данные. Такой метод исследования стохастической модели получил название метода статистических испытаний или метода Монте-Карло[7].

Полученное при статистическом моделировании распределение характеристик системы дает в руки исследователя чрезвычайно ценную информацию, позволяет оценить не только среднее значение изучаемой величины, но и разброс этих значений, вероятности появления тех или иных значений при конкретном испытании и их зависимость от различных факторов. Базой для построения моделей такого типа являются основы теории вероятностей и математической статистики.

При рассмотрении примера построения модели методом наименьших квадратов решается задача восстановления математического описания некоторого процесса по результатам эксперимента. Наиболее простыми примером являются так называемые линейные детерминированные модели. Они задаются в виде линейной формы управляющих переменных (x):

$W = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_kx_k$ при заданных линейных ограничениях [7],[9]. При решении этой задачи необходимо применить знания по линейной алгебре.

Как учебная дисциплина, математика обладает огромным потенциалом, позволяющим своими методами и средствами выявлять существенные связи реальных явлений и процессов в производственной деятельности, и развивать навыки будущих инженеров в математическом исследовании прикладных вопросов, умения строить и анализировать математические модели инженерных задач, развивать интуицию и рефлекссию в процессах прогнозирования и принятия решения в условиях неопределенности. Поэтому рассмотрение комплекса прикладных и профессионально ориентированных задач в курсе математики должно устанавливать связи со специальными дисциплинами и иллюстрировать эффективность математических методов.

Специфика профессиональной подготовки специалистов инженерного профиля состоит не только в получении новых математических знаний, но и в воспитании потребности и готовности к применению математических методов в профессиональной деятельности. Следует грамотно формулировать инженерную задачу, наглядно моделировать, интерпретировать результат ее решения на языке реальной ситуации, проверять соответствие полученных и опытных данных. Это возможно при условии актуализации связей между математическими объектами и методами различных разделов математики путем решения профессионально ориентированных задач.

Список литературы

- 1 Симоненко О.Д. Математика и технические науки. Из истории развития технических наук. [Электронный ресурс]. <http://www.portal-slovo.ru>
- 2 Иляшенко Л.К., Миннебаева Э.И. Роль математики в подготовке будущих инженеров по нефтегазовому профилю. - Наука и современность, 2013. [Электронный ресурс]. university.tversu.ru/foreign/metamath/kuzzaksol.pdf.
- 3 Захарова И.В., Кузенков О.А., Солдатенко И.С. Проект MetaMath

программы Темпус: применение современных образовательных технологий для совершенствования математического образования в рамках инженерных направлений в российских университетах. [Электронный ресурс]. university.tversu.ru/foreign/metamath/kuzzaksol.pdf.

- 4 Ахтямов А.М., Захарова М.А. Обратная задача об установлении параметров дефекта жесткой балки. В книге://Фундаментальная математика и ее приложения в естествознании. Тезисы докладов Международной школы конференции для студентов аспирантов и молодых ученых. Ответственный редактор: Вахитов Р.М. 2010.С.10
- 5 Квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих.
- 6 Потанина О.В. Ключевые компетенции - основополагающие элементы системы формирования современного специалиста. /О.В. Потанина. Известия Самарского научного центра РАН, 2008 г., № 6. - С.37.
- 7 Математическое моделирование технологических процессов: курс лекций / В.Б. Пономарев, А.Б. Лошкарев. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2006. 129 с.
- 8 Потанина О.В. Формирование когнитивной компетенции слушателей подготовительных курсов вузов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук/Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова, 2011.
- 9 Захарова М.А., Мурзабаева Э.И., Шарипова А.В. Методы оптимизации при решении транспортных задач. 66-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ. Сборник материалов конференции.2015г. с 318-319.

УДК 51.7.519.2

АНАЛИЗ ДОБЫЧИ НЕФТИ ПАО «ГАЗПРОМНЕФТЬ» (СИБНЕФТЬ) С 1998 ГОДА ПО 2015 ГОД

*Е.А. Мурашкинцева (БАТ-15-02), Е.Н. Шварева (ст. преподаватель)
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. ПАО «Газпромнефть» (Сибнефт), дочерние и пропорционально консолидированные компании, являются одними из наиболее развитых компаний по добыче нефти в Российской Федерации. Авторами проведен статистический анализ добычи нефти этим предприятием с учетом выборки с 1998 года по 2015 год. Установлены точечная и интервальная оценки этого параметра за указанный период. Указан доверительный интервал, который покрывает оцениваемый интервал с заданной надежностью.

Ключевые слова: статистика, анализ, добыча, нефть, оценка, надежность, доверительный интервал.

В Российской Федерации сосредоточены ряд крупных нефтяных компаний, занимающихся как добычей, транспортировкой, переработкой нефти, так и совершенствованием этих процессов. В России предприятия совместно с учеными уделяют внимание совершенствованию добычи нефти, её транспортировки [2], переработки [4, 5, 6], а также экологическим проблемам [7, 8] и послеаварийным восстановительным мероприятиям [3]. Одной из ведущих нефтяных компаний Российской Федерации является ПАО «Газпромнефть» («Сибнефть»). Авторами произведена обработка показателей добычи [1] нефти за период с 1998 года по 2015 год.

Показатели добычи нефти за данный период были занесены в таблицу. Объём данной генеральной совокупности оказался равным 542,834 млн. тон.

Составили вариационный ряд. Из вариационного ряда оказалось очевидным, что наибольшее и наименьшее значения выборки соответственно равны 0 и 3,819. Размах выборки 3,819. Провели первичную обработку статистических данных. Разбили основной интервал на 9 подынтервалов с длиной 0,4243.

Получаем следующие подынтервалы: [0; 0,4243), [0,4243; 0,8486), [0,8486; 1,2729), [1,2729; 1,6972), [1,2729; 1,6972), [2,1215; 2,5458), [2,5458; 2,9701), [2,9701; 3,3944), [3,3944; 3,8187]. Определили количество попаданий значений выборки в каждый подынтервал (частоты) 2; 0; 2; 39; 11; 28; 98; 3; 33 и их относительные частоты: 0,01; 0; 0,01; 0,18; 0,05; 0,13; 0,45; 0,01; 0,15. Середины подынтервалов: 0,21215; 0,63645; 1,06075; 1,48505; 1,90935; 2,33365; 2,75795; 3,18225; 3,60655. Плотность относительных частот: 0,02357; 0; 0,02357; 0,42419; 0,11783; 0,30636; 1,06049; 0,02357; 0,3535. Внесем данные в таблицу.

Таблица 1 - Результаты первичной обработки статистических данных (эмпирический закон распределения выборки).

Подынтервалы	[0; 0,4243)	[0,4243; 0,8486)	[0,8486; 1,2729)	[1,2729; 1,6972)	[1,2729; 1,6972)	[2,1215; 2,5458)	[2,5458; 2,9701)	[2,9701; 3,3944)	[3,3944; 3,8187]
Середины подынтервалов	0,21215	0,63645	1,06075	1,48505	1,90935	2,33365	2,75795	3,18225	3,60655
Частоты	2	0	2	39	11	28	98	3	33
Относительные частоты	0,01	0	0,01	0,18	0,05	0,13	0,45	0,01	0,15
Плотность относительной частоты	0,02357	0	0,02357	0,42419	0,11783	0,30636	1,06049	0,02357	0,3535

В целях визуального анализа полученных в таблице данных (наглядности) воспользовались гистограммой плотности относительных частот и полигоном относительных частот.

Для построения гистограммы относительных частот в декартовой системе координат на горизонтальной оси середины подынтервалов, по вертикальной

оси отложили плотность относительной частоты (плотности эмпирической вероятности).



Рисунок 1 - Гистограмма плотности эмпирических вероятностей

Для построения полигона относительных частот воспользуемся так же данными таблицы 2 (результатами первичной обработки статистических данных). Также отметим в декартовой системе координат на горизонтальной оси середины подынтервалов, по вертикальной оси отложили относительные частоты (эмпирические вероятности).



Рисунок 2 - Полигон эмпирических вероятностей (визуальное представление эмпирического закона распределения выборки)

Рассчитали точечные и интервальные оценки.

Несмещенная оценка генеральной средней совокупности (математического ожидания генеральной совокупности), вычисленная по таблице 1 (эмпирическому закону распределения выборки), равна 2,49276 (выборочная средняя). Смещенная оценка генеральной дисперсии (выборочная

дисперсия) равна 0,49809 (оценка оказалась достаточно эффективной, так как дисперсия оказалась близка к наименьшему возможному значению). Выборочное среднее квадратическое отклонение равно 0,70575. При надежности (доверительной вероятности), равной 0,99, соответствующее значение аргумента функции Лапласа равно 2,576. Точность оценки равна 0,1237. Интервальная оценка получается (2,36906; 2,61646). То есть оцениваемый параметр покрывается интервалом (2,36906; 2,61646) с надежностью (доверительной вероятностью) 0,99.

Список литературы

- 1 ПАО «Газпромнефть» <http://ir.gazprom-neft.ru/centr-analitikov/ctatistika> (дата обращения: 05.04.2016)
- 2 Бахтизин Р.Н., Масалимов Р.Б., Зарипов Р.М., Шварева Е.Н. Моделирование напряженно-деформированного состояния подземного участка трубопровода, составленного из кривой вогнутой или выпуклой вставки криволинейным полым стержнем в упругой среде// Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 6. С. 69-88.
- 3 Вафина А.А., Михайловская И.М., Шварева Е.Н. Использование инструментария оценки и выбора решений в практике послеаварийных восстановительных мероприятий // В сборнике: Информационные технологии. Проблемы и решения Материалы международной научно-практической конференции: Дополнительный сборник. 2014. С. 36-40.
- 4 Галиакбаров В.Ф., Галиакбарова Э.В., Шварева Е.Н., Белозеров А.Е., Жолобова Г.Н. Повышение эффективности процессов обезвоживания, обессоливания и защелачивания нефти в смесительных аппаратах элоу // В сборнике: Информационные технологии. Проблемы и решения Материалы Международной научно-практической конференции. XXIII Международная специализированная выставка "ГАЗ. НЕФТЬ. ТЕХНОЛОГИИ - 2015". 2015. С. 188-190.
- 5 Галиакбарова Э.В., Галиакбаров В.Ф., Шварева Е.Н. Итенсификация процессов обессоливания и защелачивания нефти при внедрении вихревых устройств в смесительных аппаратах электрообессоливающей установки // В сборнике: Проблемы и методы обеспечения надежности и безопасности систем транспорта нефти, нефтепродуктов и газа Материалы Международной научно-практической конференции. 2015. С. 97-99.
- 6 Галиакбарова Э.В., Шварева Е.Н., Белозеров А.Е., Бахтизин Р.Н., Жолобова Г.Н., Галиакбаров В.Ф. Расчет параметров смесительного аппарата с вихревыми устройствами методами математической статистики и распознавания образов для качественного обессоливания нефти в элоу // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2015. № 2. С. 230-265.
- 7 Филиппов В.Н., Шварева Е.Н. Информационная база данных технико-экологического состояния уфимских нефтеперерабатывающих заводов // В сборнике: Современные проблемы информатизации в прикладных задачах сборник трудов по итогам XI Международной открытой научной

конференции. редколлегия: О.Я. Кравец (главный редактор) и др. Воронеж, 2006. С. 48.

- 8 Шварева Е.Н., Филиппов В.Н. Техническое и экологическое состояние уфимских нефтеперерабатывающих заводов // В книге: 56-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых 2005. С. 383.

УДК 621.3:681.5

РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ УЭЦН НА ОСНОВАНИИ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРАВИЛ

Р.И. Валиахметов

ООО «БашНИПИнефть», г. Уфа

Аннотация. Рассмотрены вопросы автоматизации процессов обработки статистических данных по оценке технического состояния УЭЦН в режиме реального времени. На основании экспертных знаний для каждого класса типовых отклонений от нормальной эксплуатации УЭЦН сформированы решающие правила. Для обработки временных рядов исходных сигналов применен метод адаптивной кусочно-линейной аппроксимации.

Ключевые слова: диагностирование, техническое состояние УЭЦН, сегментация, временные ряды, напряжение, ток, температура и мощность погружного электродвигателя, аппроксимация, слом вала, влияние газа, срыв подачи насоса.

Контроль за работой и диагностика состояния электроцентробежных насосных установок для предупреждения и сокращения числа отказов, ввиду их широкого распространения является ключевой задачей нефтедобывающих компаний. Качество и оперативность принимаемого решения о техническом состоянии УЭЦН в процессе эксплуатации в значительной степени зависит от квалификации специалистов, занятых в производственном процессе обеспечения нефтедобычи. Большие объемы анализируемой человеком информации повышают вероятность ошибки при интерпретации технического состояния установок, возникают риски принятия некорректного решения при изменении режима эксплуатации. Автоматизация процессов обработки данных и оценки технического состояния УЭЦН позволяет повысить качество и скорость принимаемых решений и развивать, являясь частью концепции построения умного месторождения.

Качественно решение задачи технического диагностирования можно представить, как сопоставление характерных интервалов с набором определенных правил, в машинной интерпретации она заключается в решении следующих подзадач: сегментация, формализация и интерпретация полученных данных. Сегментация рассматривается как задача кластеризации, цель которой – установление автокорреляционных связей между значениями временного

ряда с формированием темпоральных кластеров и адаптивной аппроксимации в рамках установленных участков с сохранением локальных особенностей сигналов. Для каждого характерного класса типовых отклонений от нормальной работы УЭЦН сформированы решающие правила на основании экспертных знаний. Основными отличиями от классического подхода к задаче диагностирования являются: отсутствие необходимости участия эксперта при решении задачи кластеризации; обеспечение адаптивной аппроксимации в рамках выделенных временных участков; возможность реализации интерпретируемых подходов распознавания неисправностей. В качестве входных данных для технического диагностирования были приняты следующие технико-технологические параметры эксплуатации УЭЦН (исходные сигналы, полученные прямым замером): напряжение, ток, температура и мощность погружного электродвигателя.

Процесс распознавания (диагностирования) технического состояния УЭЦН заключается в кластеризации поступающих параметров, а именно в разбиении временных рядов на внутренние однородные сегменты. Решение задачи осложняется тем, что зачастую изменение трендов анализируемых рядов характеризуется не конкретным моментом, а растянуто во времени и подвержено влиянию управляющих параметров. В работе применен алгоритм кластеризации для выявления локальных вероятностей принадлежности данных к классу с анализом главных компонент (*PPCA*), позволяющий анализировать однородность данных во временных сегментах.

Для формализации полученных временных сегментов, применен метод адаптивной кусочно-линейной аппроксимации, а именно алгоритм *Sliding Window and Bottom-up*. Нетривиальность данной подзадачи заключается в том, что при проведении аппроксимации необходимо сократить число исходных замеров, сохранив при этом локальные особенности сигнала, для чего проводится подстройка указанного алгоритма для каждого из ранее полученных классов временных рядов на основании характера поведения измеряемой величины.

На заключительном этапе полученные временные ряды анализируются и интерпретируются путем совместного применения алгоритма поиска паттернов и правил поведения сигналов. В качестве распознаваемых состояний установки были приняты следующие классы: «нормальная работа», «слом вала», «влияние газа», «срыв подачи насоса».

В работе представлены результаты апробации предложенного подхода и методов оценки технического состояния установок с применением апостериорных данных эксплуатации УЭЦН при различных отклонениях от нормальной работы. В рамках проведенной апробации проведен ретроспективный анализ на основании результатов комиссионных разборов, отказавших УЭЦН с установлением меры соответствия причин отказов выводам, сформированным расчетным шаблоном. Полученные результаты свидетельствуют о высоком качестве распознавания, достаточного для дальнейшего внедрения предложенного подхода.

Список литературы

- 1 Ямалиев В.У., Гилязова М.Д., Дулов А.С. Тепловизионный контроль технического состояния УЭЦН// Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2015. – № 3. – С. 271-281.
- 2 Патент № 2525094 РФ. Устройство для оценки технического состояния установок электроцентробежных насосов в процессе эксплуатации/ Ямалиев В.У., Салахов Т.Р., Шубин С.С. – Опубл. 2014.
- 3 Ямалиев В.У., Салахов Т.Р., Шубин С.С. Применение элементов теории детерминированного хаоса к решению задач технического диагностирования УЭЦН// Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2014. – № 4. – С. 174-191
- 4 Ямалиев В.У., Ардаширов Л.К. Методы диагностирования станков-качалок// Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2013. – № 4. – С. 364-373.
- 5 Ямалиев В.У., Салахов Т.Р., Шубин С.С. Оценка технического состояния установок электроцентробежных насосов в процессе эксплуатации методом нейросетевой классификации// Нефтегазовое дело. – 2013. – № 11-4. – С. 102-109.
- 6 Ямалиев В.У., Тагирова К.Ф., Салахов Т.Р., Шубин С.С., Дунаев И.В. Диагностирование установок электроцентробежных насосов в процессе их эксплуатации с применением нейросетевых технологий// Нефтегазовое дело. – 2011. – Т. 9, № 4. – С. 68-72.
- 7 Ямалиев В.У., Егбуге Д.Ч. Повышение эффективности эксплуатации УЭЦН путем его диагностирования// Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции «Инновационное нефтегазовое оборудование: проблемы и решения». – Уфа, 2010. – С. 222-223.
- 8 Ямалиев В.У., Салахов Т.Р., Шубин С.С. Экспертная оценка мониторинга и оценки технического состояния УЭЦН в процессе эксплуатации// Сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции «Инновационное нефтегазовое оборудование: проблемы и решения». – Уфа, 2010. – С. 245-248.
- 9 Ямалиев В.У., Ишемгузин И.Е. Диагностирование бурового и нефтепромыслового оборудования: учебное пособие. – Уфа: УГНТУ, 2000. – 83 с.
- 10 Ямалиев В.У., Литвиненко К.В., Валиахметов Р.И., Шубин С.С., Ляскин А.С., Морозов И.И. Формирование расчетной модели рабочего процесса в ступени электроцентробежного насоса при стендовых испытаниях/ Вестник ЦКР Роснедра, 2015. – № 2. – С. 28-35.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИКИ ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ

М.С. Головкин (аспирант)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация: описывается новая испытательная установка для лабораторного испытания уплотнительного узла шарошечного долота, ее основные возможности и критерии получения результатов испытания.

Ключевые слова: шарошечное долото, опора шарошки, уплотнительный узел, испытательная установка.

Не смотря на значительное расширение области применения долот PDC, геологические условия, а также парк оборудования, многих месторождений России и ближнего зарубежья, в настоящее время и в среднесрочной перспективе, требуют и будут требовать широкого использования шарошечного инструмента. При этом требования к надежности и ресурсу шарошечного долота значительно возросли. Любая ошибка в проектировании дорого обходится как заказчику, так и производителю инструмента, поэтому на первый план выходят лабораторные испытания долота и его узлов [1-5].

Безусловно, самой важной, равно как и проблемной частью шарошечного долота являются опоры шарошек, а их уязвимость в первую очередь обусловлена надежностью и ресурсом уплотнительного узла. Поэтому при его проектировании важно иметь возможность проверить правильность расчета в натурном лабораторном испытании.

Для того чтобы получить достоверные результаты, разработан испытательный стенд STM2016 (рисунок 1). Его главной особенностью является то, что он выполнен натурно, и испытанию подвергается не отдельно взятое уплотнительное кольцо, а в составе полноценного подшипника.

Стенд выполнен на базе сверлильного станка, на столе которого установлена емкость, заполненная абразивным буровым раствором. В этой емкости помещается прототип шарошки, на котором смонтирована система смазки, система контроля давления, измеритель температуры. Цапфа вращается в шарошке с помощью привода сверлильного станка с регулируемой частотой оборотов. Буровой раствор перемешивается с помощью крыльчатки, установленной на валу станка. В установке предусмотрена возможность контролировать реактивный крутящий момент, который возникает контактной паре.

Главным результатом данного испытания является стойкость уплотнительного кольца, или узла в часах наработки до отказа. Отказом считается момент разгерметизации опоры, то есть падение давления в ней до уровня атмосферного. Оно может быть зафиксировано по встроенному датчику

давления. Косвенным признаком, показывающим текущее состояние опоры, является реактивный крутящий момент [6-13].

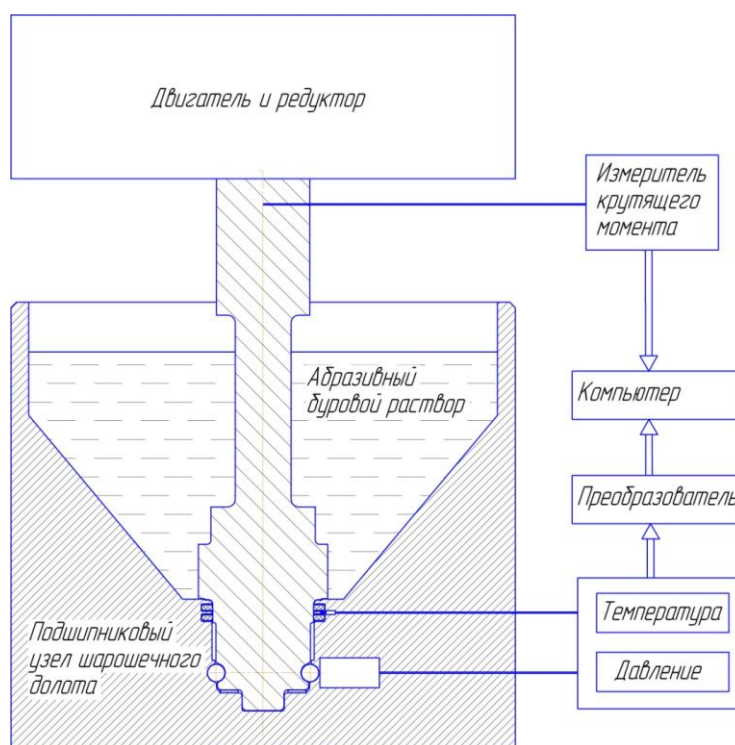


Рисунок 1 – Испытательный стенд STM2016

Этот стенд не только позволяет определить ресурс уже спроектированной опоры, но и дает возможность проводить сравнительные тесты новых материалов, определять степень влияния различных факторов на износ уплотнения, подтверждать или опровергать различные гипотезы о механике работы уплотнительного узла в целом.

Список литературы

- 1 Ишемгужин Е.И., Ямалиев В.У., Султанов Б.З. Использование спектра колебаний давления промывочной жидкости для оценки технического состояния долота при турбинном бурении// Известия ВУЗов. Нефть и газ. – 1989. - №5 – С. 31-34.
- 2 Ямалиев В.У., Ишемгужин И.Е. Диагностирование бурового и нефтепромыслового оборудования: учебное пособие. – Уфа: УГНТУ, 2000. – 83 с.
- 3 Патент №2182659 РФ. Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента// Мирзаджанзаде А.Х., Ямалиев В.У., Хасанов М.М., Ишемгужин Е.И., Галеев Р.М., Якупов Р.Н., Имаева Э.Ш. – Оpubл. 2002, Бюл. №28.
- 4 Патент № 2183266 РФ. Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента// Ямалиев В.У., Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.М., Ишемгужин Е.И., Ишемгужин И.Е. – Оpubл. 10.06.2001.
- 5 Патент № 2188939 РФ. Способ определения работоспособности

- породоразрушающего инструмента// Ямалиев В.У., Хасанов М.М., Якупов Р.Н., Ишемгужин Е.И., Кузеев И.Р., Солодовников Д.С. – Оpubл. 10.09.2002.
- 6 Патент № 2124125 РФ. Способ регулирования оптимальной осевой нагрузки на долото при бурении скважин// Ишемгужин И.Е., Ямалиев В.У., Пашинский В.В., Ишемгужин Е.И., Козлов М.Н., Назаров С.В., Галеев Э.М., Лягов А.В. – Оpubл. 27.12.1998.
 - 7 Ишемгужин И.Е., Ямалиев В.У., Ишемгужин Е.И. Диагностирование объектов нефтегазодобычи при случайных колебаниях технологических параметров бурения// Нефтегазовое дело. – 2011. – Т.9, № 3. – С. 17-20.
 - 8 Салахов Т.Р., Ямалиев В.У. Обеспечение диагностирования состояния породоразрушающего инструмента в процессе бурения нефтегазовых скважин (на примере скважин Туймазинского управления буровых работ)// Нефтегазовое дело. – 2010. – Т. 8, № 2. – С. 45-50.
 - 9 Ямалиев В.У., Имаева Э.Ш., Салахов Т.Р. О возможности распознавания технических состояний глубинного бурового оборудования// Нефтегазовое дело. – 2005. – Т. 3. – С. 127-132.
 - 10 Ямалиев В.У., Ишемгужин И.Е., Пашинский В.В. Алгоритм оценки корреляционной функции при диагностировании глубинного оборудования// В сборнике: Научно-технические достижения и передовой опыт в нефтегазовой промышленности Уфа. – 1999. – С. 190-193.
 - 11 Yamaliev V., Imaeva E., Salakhov T. About the deep drilling equipment technical condition recognition method// Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2009. - № 1. – С. 27.
 - 12 Salakhov T.R., Yamaliev V.U., Dubinsky V.A. field-proven methodology for real-time drill bit condition assessment and drilling performance optimization// В сборнике: Society of Petroleum Engineers – SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition 2008 Сеп. «SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition 2008», 2008. – С. 281-288.
 - 13 Патент №2335629 РФ. Устройство для оценки состояния породоразрушающего инструмента// Ямалиев В.У., Салахов Т.Р., Имаева Э.Ш. – Оpubл. 2008, Бюл. №28.

УДК 622.248.9

НЕОБХОДИМОСТЬ УЧЕТА ВИБРАЦИИ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ

М.Ф. Заляев (А0551/133-12-01)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Проанализированы данные по вибрации КНБК, замеренные с помощью телеметрических систем MWD/LWD при бурении различных скважин. Выявлена взаимосвязь между крутильными и боковыми вибрациями.

Для более глубокого понимания динамических процессов, возникающих при бурении с помощью РУС в горизонтальных скважинах необходимо разработать испытательный стенд, который позволит установить влияние вибрации на характер движения бурильной трубы.

Ключевые слова. Горизонтальные скважины. Осевая вибрация. Крутильные колебания. Компоновка низа бурильной колонны. Породоразрушающий инструмент. Роторные управляемые системы (РУС).

В последние годы нефтегазовые компании России обеспечивают увеличение объемов добычи нефти и газа за счет наклонно-направленного бурения. В связи с истощением нефтяных месторождений, а также для увеличения дебита и коэффициента нефтеизвлечения, нефтедобывающие компании выбирают все более сложные траектории скважин, бурение которых связано с определенными трудностями. Основные проблемы при бурении наклонно-направленных и горизонтальных скважин с помощью винтовых забойных двигателей (ВЗД) связаны с бурением в режиме слайдирования, при котором КНБК не вращается. В скважинах с большим отходом от вертикали силы трения могут превысить осевую нагрузку и её будет недостаточно для преодоления торможения бурильной колонны о стенки скважины, дальнейшее бурение становится невозможным.

Эти проблемы были решены с созданием роторной управляемой системы (РУС), в процессе наклонно-направленного бурения бурильная колонна вращается непрерывно и исключает режим слайдирования. При этом КНБК подвергается интенсивным вибрациям за счет постоянного вращения КНБК и бурильной колонны. Установлено, что в процессе бурения возникают боковые и крутильные низкочастотные, высокочастотные колебания различной амплитуды. Колебательные процессы бурильного инструмента снижают стойкость долота, сокращают срок службы элементов бурильной колонны, приводят к выходу из строя РУС и ухудшению качества сигнала телеметрических систем.

Для понимания динамических процессов, возникающих при вращении бурильной колонны и бурения с помощью РУС в горизонтальных скважинах, необходимо изготовления испытательного стенда. Стенд представляет из себя жестко закрепленные к полу рамы с круглым отверстием моделирующие стенки скважины, электродвигатель с редуктором выполняющий роль привода и полая труба. Полая труба на стенде имитирует бурильную трубу, которая вращается с определенной частотой при помощи электродвигателя-редуктора. Данный стенд необходим для анализа характера движения бурильной трубы (forward whirl, backward whirl, chaotic whirl) и позволит сформировать достоверное представление о состоянии глубинного оборудования в процессе его эксплуатации.

Список литературы

- 1 Ишемгузин Е.И., Ямалиев В.У., Султанов Б.З. Использование спектра

- колебаний давления промывочной жидкости для оценки технического состояния долота при турбинном бурении// Известия ВУЗов. Нефть и газ. – 1989. - №5 – С. 31-34.
- 2 Ямалиев В.У., Ишемгужин И.Е. Диагностирование бурового и нефтепромыслового оборудования: учебное пособие. – Уфа: УГНТУ, 2000. – 83 с.
 - 3 Патент №2182659 РФ. Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента// Мирзаджанзаде А.Х., Ямалиев В.У., Хасанов М.М., Ишемгужин Е.И., Галеев Р.М., Якупов Р.Н., Имаева Э.Ш. – Оpubл. 2002, Бюл. №28.
 - 4 Патент № 2183266 РФ. Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента// Ямалиев В.У., Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.М., Ишемгужин Е.И., Ишемгужин И.Е. – Оpubл. 10.06.2001.
 - 5 Патент № 2188939 РФ. Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента// Ямалиев В.У., Хасанов М.М., Якупов Р.Н., Ишемгужин Е.И., Кузеев И.Р., Солодовников Д.С. – Оpubл. 10.09.2002.
 - 6 Патент № 2124125 РФ. Способ регулирования оптимальной осевой нагрузки на долото при бурении скважин// Ишемгужин И.Е., Ямалиев В.У., Пашинский В.В., Ишемгужин Е.И., Козлов М.Н., Назаров С.В., Галеев Э.М., Лягов А.В. – Оpubл. 27.12.1998.
 - 7 Ишемгужин И.Е., Ямалиев В.У., Ишемгужин Е.И. Диагностирование объектов нефтегазодобычи при случайных колебаниях технологических параметров бурения// Нефтегазовое дело. – 2011. – Т.9, № 3. – С. 17-20.
 - 8 Салахов Т.Р., Ямалиев В.У. Обеспечение диагностирования состояния породоразрушающего инструмента в процессе бурения нефтегазовых скважин (на примере скважин Туймазинского управления буровых работ) // Нефтегазовое дело. – 2010. – Т. 8, № 2. – С. 45-50.
 - 9 Ямалиев В.У., Имаева Э.Ш., Салахов Т.Р. О возможности распознавания технических состояний глубинного бурового оборудования// Нефтегазовое дело. – 2005. – Т. 3. – С. 127-132.
 - 10 Ямалиев В.У., Ишемгужин И.Е., Пашинский В.В. Алгоритм оценки корреляционной функции при диагностировании глубинного оборудования// В сборнике: Научно-технические достижения и передовой опыт в нефтегазовой промышленности Уфа. – 1999. – С. 190-193.
 - 11 Yamaliev V., Imaeva E., Salakhov T. About the deep drilling equipment technical condition recognition method// Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2009. - № 1. – С. 27.
 - 12 Salakhov T.R., Yamaliev V.U., Dubinsky V.A. field-proven methodology for real-time drill bit condition assessment and drilling performance optimization// В сборнике: Society of Petroleum Engineers – SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition 2008 Сеп. «SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition 2008», 2008. – С. 281-288.
 - 13 Патент №2335629 РФ. Устройство для оценки состояния

УДК 622.24.051.64

НОВАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВООРУЖЕНИЯ ШАРОШЕЧНОГО ДОЛОТА

М.С. Головкин (аспирант)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация: описывается новый способ расчета агрессивности вооружения шарошечного долота, его основные принципы и закономерности.

Ключевые слова: шарошечное долото, вооружение долота, агрессивность долота.

Не смотря на значительное расширение области применения долот PDC, геологические условия, а так же парк оборудования, многих месторождений России и ближнего зарубежья, в настоящее время и в среднесрочной перспективе, требуют и будут требовать широкого использования шарошечного инструмента. И в связи с этим перед конструктором, проектирующим шарошечное долото, по-прежнему, остро стоит проблема создания эффективной схемы вооружения долота. Одним из критериев эффективной схемы вооружения является то, что конструктор должен иметь возможность реально оценить агрессивность долота, чтобы оптимально подобрать его вооружение под конкретные горно-геологические условия [1-5].

Для того чтобы иметь возможность оценить агрессивность долота, разработана новая методика расчета его вооружения. Основная идея методики заключается в том, чтобы рассчитать площадь поверхности зубков всех трех шарошек, находящихся в одновременном контакте с горной породой. Естественно, что, при вращении шарошек искомая площадь контакта вооружения и породы значительно изменяется. Поэтому расчет для долота должен быть произведен в 180, или 360 положениях шарошки, с шагом поворота, соответственно в 2, или 1 градус. Для проведения такого количества расчетов, безусловно, требуется автоматизация процесса [6-10].

Очевидно, что с повышением площади контакта, агрессивность долота снижается в определенной пропорции. Эту пропорцию еще предстоит просчитать, с помощью сопоставления результатов расчета, и результатов реальных экспериментов.

Площадь контакта так же будет возрастать с увеличением глубины внедрения. Соответственно агрессивность долота будет изменяться с изменением механической скорости, которая напрямую влияет на глубину внедрения зуба. Результатом такого расчета будет график зависимости агрессивности долота от глубины внедрения зуба.

Различные по форме зубки (клиновидные, сферические, конические) будут иметь разные законы изменения площади в зависимости от глубины внедрения, соответственно методика содержит несколько формул расчета площади, в зависимости от геометрии зубка [11-13].

Результатом внедрения данной методики является возможность повышения качества проектирования долота, возможность заложить равномерную нагрузку по шарошкам, во время их расчета. Помимо этого, появляется возможность более продуманного подбора долота под геологический разрез скважины, а также возможность более обоснованно подбирать режимы бурения, в особенности параметрическую пару «нагрузка на долото – частота оборотов».

Список литературы

- 1 Ишемгужин Е.И., Ямалиев В.У., Султанов Б.З. Использование спектра колебаний давления промывочной жидкости для оценки технического состояния долота при турбинном бурении// Известия ВУЗов. Нефть и газ. – 1989. - №5 – С. 31-34.
- 2 Ямалиев В.У., Ишемгужин И.Е. Диагностирование бурового и нефтепромыслового оборудования: учебное пособие. – Уфа: УГНТУ, 2000. – 83 с.
- 3 Патент №2182659 РФ. Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента// Мирзаджанзаде А.Х., Ямалиев В.У., Хасанов М.М., Ишемгужин Е.И., Галеев Р.М., Якупов Р.Н., Имаева Э.Ш. – Оpubл. 2002, Бюл. №28.
- 4 Патент № 2183266 РФ. Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента// Ямалиев В.У., Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.М., Ишемгужин Е.И., Ишемгужин И.Е. – Оpubл. 10.06.2001.
- 5 Патент № 2188939 РФ. Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента// Ямалиев В.У., Хасанов М.М., Якупов Р.Н., Ишемгужин Е.И., Кузеев И.Р., Солодовников Д.С. – Оpubл. 10.09.2002.
- 6 Патент № 2124125 РФ. Способ регулирования оптимальной осевой нагрузки на долото при бурении скважин// Ишемгужин И.Е., Ямалиев В.У., Пашинский В.В., Ишемгужин Е.И., Козлов М.Н., Назаров С.В., Галеев Э.М., Лягов А.В. – Оpubл. 27.12.1998.
- 7 Ишемгужин И.Е., Ямалиев В.У., Ишемгужин Е.И. Диагностирование объектов нефтегазодобычи при случайных колебаниях технологических параметров бурения// Нефтегазовое дело. – 2011. – Т.9, № 3. – С. 17-20.
- 8 Салахов Т.Р., Ямалиев В.У. Обеспечение диагностирования состояния породоразрушающего инструмента в процессе бурения нефтегазовых скважин (на примере скважин Туймазинского управления буровых работ)// Нефтегазовое дело. – 2010. – Т. 8, № 2. – С. 45-50.
- 9 Ямалиев В.У., Имаева Э.Ш., Салахов Т.Р. О возможности распознавания технических состояний глубинного бурового оборудования// Нефтегазовое

- дело. – 2005. – Т. 3. – С. 127-132.
- 10 Ямалиев В.У., Ишемгужин И.Е., Пашинский В.В. Алгоритм оценки корреляционной функции при диагностировании глубинного оборудования// В сборнике: Научно-технические достижения и передовой опыт в нефтегазовой промышленности Уфа. – 1999. – С. 190-193.
 - 11 Yamaliev V., Imaeva E., Salakhov T. About the deep drilling equipment technical condition recognition method// Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2009. - № 1. – С. 27.
 - 12 Salakhov T.R., Yamaliev V.U., Dubinsky V.A. field-proven methodology for real-time drill bit condition assessment and drilling performance optimization// В сборнике: Society of Petroleum Engineers – SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition 2008 Сеп. «SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition 2008», 2008. – С. 281-288.
 - 13 Патент №2335629 РФ. Устройство для оценки состояния породоразрушающего инструмента// Ямалиев В.У., Салахов Т.Р., Имаева Э.Ш. – Оpubл. 2008, Бюл. №28.

УДК 622.23.051.78

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

С.С. Шубин

ООО «БашНИПИнефть», г. Уфа

Аннотация. Рассмотрены случайные колебания технологических параметров в процессе бурения скважины, представленные в виде стационарных участков временных реализаций в диапазоне наиболее помехоустойчивых инфранизких частот. Доля их вероятностно-статистическая оценка с классификацией по методу искусственных нейронных сетей, реализованных в единой экспертной системе.

Ключевые слова: скважина, бурильная колонна, породоразрушающий инструмент, диагностирование, вероятностно-статистические методы.

Различные виды горных пород, которые встречаются при строительстве скважин, колебания параметров бурения постоянно оказывают воздействие на состояние элементов бурильной колонны. Получение дополнительной информации о техническом состоянии долот, забойных двигателей в нормальных условиях эксплуатации и на критических режимах могут сыграть важную роль для эффективной проходки скважин.

Случайные колебания технологических параметров процесса бурения, представленные в виде стационарных участков временных реализаций, их вероятностно-статистическая оценка и классификация по методу искусственных нейронных сетей, реализованные в единой экспертной системе,

позволят повысить достоверность оценки технического состояния долота в процессе его эксплуатации [1-7].

Проходка скважины сопровождается взаимодействием бурильной колонны со стенками скважины, при этом возникают колебания, изменяется статическая и динамическая составляющие осевой нагрузки на долото. В верхней части колонны возникают осевое и сжимающее усилия. Наблюдаемые при этом явления, в частности нелинейные колебательные эффекты представляют собой следствие взаимосвязанного действия продольных, поперечных и крутильных колебаний [8-13].

Проблема технического диагностирования глубинного бурового становится актуальной, поскольку его конструктивное исполнение специфично, режим эксплуатации достигает предельных значений, а последствия отказа влекут за собой значительные ресурсные затраты. Чтобы учесть различные воздействия, оказывающие влияние на износ агрегатов, необходимо применять одновременно независимые критерии диагностирования, основанные на вероятностно-статистической обработке технологических параметров процесса бурения.

Разработана комплексная диагностическая система, принцип действия которой заключается в измерении двух технологических параметров процесса бурения. Для замера осевой нагрузки на долото используется комплекс измерения веса на крюке с тензометрическим датчиком, установленным на неподвижном конце талевого каната. Для снятия показаний об изменении давления промывочной жидкости используется тензометрический датчик, который устанавливается в нагнетательной линии совместно со штатным манометром (через тройник). Замеренные данные передаются на технологический компьютер, где подвергаются обработке в программно части устройства (экспертной системе) для последующей выдачи решения о техническом состоянии долота на монитор бурильщика.

В разработанном устройстве применяются блоки вычислений вероятностно-статистических критериев диагностирования. Для их эффективного применения необходимо предварительно провести настройку экспертной системы. Обучение системы осуществляется посредством обработки записей колебаний осевой нагрузки и давления промывочной жидкости по данным, полученным на интервалах разбуривания определенных горных пород одним типом долота.

Предлагаемый способ может найти применение при разработке автоматизированных и экспертных систем контроля процесса бурения, а также в других областях, где ведется оценка технического состояния объектов путем измерения колебаний параметров достаточно длинных временных рядов.

Список литературы

- 1 Ишемгужин Е.И., Ямалиев В.У., Султанов Б.З. Использование спектра колебаний давления промывочной жидкости для оценки технического состояния долота при турбинном бурении// Известия ВУЗов. Нефть и газ. –

1989. - №5. – С. 31-34.

- 2 Ямалиев В.У., Ишемгужин И.Е. Диагностирование бурового и нефтепромыслового оборудования: учебное пособие. – Уфа: УГНТУ, 2000. – 83 с.
- 3 Патент на изобретение RUS №2182659 19.03.2001. Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента// Мирзаджанзаде А.Х., Ямалиев В.У., Хасанов М.М., Ишемгужин Е.И., Галеев Р.М., Якупов Р.Н., Имаева Э.Ш. – Оpubл. 2002, Бюл. №28.
- 4 Патент на изобретение RUS № 2183266 27.09.2000. Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента// Ямалиев В.У., Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.М., Ишемгужин Е.И., Ишемгужин И.Е.
- 5 Патент на изобретение RUS №2188939 25.05.2001. Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента// Ямалиев В.У., Хасанов М.М., Якупов Р.Н., Ишемгужин Е.И., Кузеев И.Р., Солодовников Д.С.
- 6 Патент на изобретение RUS №2124125. Способ регулирования оптимальной осевой нагрузки на долото при бурении скважин// Ишемгужин И.Е., Ямалиев В.У., Пашинский В.В., Ишемгужин Е.И., Козлов М.Н., Назаров С.В., Галеев Э.М., Лягов А.В.
- 7 Ишемгужин И.Е., Ямалиев В.У., Ишемгужин Е.И. Диагностирование объектов нефтегазодобычи при случайных колебаниях технологических параметров бурения// Нефтегазовое дело. – 2011. Т.9. № 3. – С. 17-20.
- 8 Салахов Т.Р., Ямалиев В.У. Обеспечение диагностирования состояния породоразрушающего инструмента в процессе бурения нефтегазовых скважин (на примере скважин Туймазинского управления буровых работ)// Нефтегазовое дело. – 2010. – Т. 8. № 2. – С. 45-50.
- 9 Ямалиев В.У., Имаева Э.Ш., Салахов Т.Р. О возможности распознавания технических состояний глубинного бурового оборудования// Нефтегазовое дело. – 2005. – Т. 3. – С. 127-132.
- 10 Ямалиев В.У., Ишемгужин И.Е., Пашинский В.В. Алгоритм оценки корреляционной функции при диагностировании глубинного оборудования// В сборнике: Научно-технические достижения и передовой опыт в нефтегазовой промышленности Уфа. – 1999. – С. 190-193.
- 11 Yamaliev V., Imaeva E., Salkhov T. About the deep drilling equipment technical condition recognition method// Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2009. - № 1. – С. 27.
- 12 Salakhov T., Yamaliev V., Dubinsky V. A field-proven methodology for real-time drill bit condition assessment and drilling performance optimization// В сборнике: Society of Petroleum Engineers – SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition 2008 Сеп. «SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition 2008», 2008. – С. 281-288.
- 13 Патент на изобретение RUS №2335629 18.12.2006. Устройство для оценки состояния породоразрушающего инструмента// Ямалиев В.У., Салахов Т.Р., Имаева Э.Ш.

ПОДБОР И ПРИМЕНЕНИЕ ДЕМПФЕРОВ БУРИЛЬНОЙ КОЛОННЫ

Т.В. Бадретдинов (А1551/13-15-01)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация: рассматриваются факторы, влияющие на стабильность работы буровых демпферов. Приводятся основные эксплуатационные критерии, выполнение которых, необходимо для успешной разработки и применения виброзащитных устройств бурильной колонны.

Ключевые слова: буровой демпфер, зона резонанса, продольные колебания, глубинное оборудование, динамический импульс.

На сегодняшний день спроектировано огромное количество демпферов с различными амортизирующими элементами и проведено множество испытаний для определения эффективности их работы. Существует множество критериев при разработке этих устройств, влияющих на работоспособность конструкции. Неправильно спроектированный демпфер может не только не гасить колебания, а даже наоборот, мешать нормальному процессу разрушения горной породы. Поэтому включение в компоновку виброзащитных устройств не всегда приносит ожидаемые результаты. Это происходит вследствие того, что применение амортизатора может поменять местами зону, где не было резонанса колонны, на зону с его проявлением. Также происходит гашение полезной энергии, направленной на разрушение горной породы. В большинстве случаев удачного использования демпферов происходит значительное снижение амплитуды продольных колебаний с одновременным уменьшением механической скорости бурения. Но нужно отметить, что надежность и стойкость породоразрушающего инструмента значительно увеличивается.

Также установлено, что для конструирования демпфера важно знать твердость горных пород в условиях его применения и характеристики случайных колебаний осевой нагрузки. При определении вариантов использования демпфирующих устройств с

учетом режимов работы глубинного бурового оборудования следует отметить следующее:

- демпфер должен пропускать низкие частоты, необходимые для интенсифицирования процесса разрушения забоя;
- в области высоких частот вибрации системы «забойный двигатель – демпфер» должны уменьшаться вследствие увеличения затухания колебаний в демпфере;
- эффективность работы глубинного оборудования при гашении высокочастотных колебаний не должна снижаться при условии сохранения действия динамических импульсов, возникающих при низкочастотных колебаниях;

- силы вязкого демпфирования, незначительно влияющие на частоту и период колебаний, должны вызывать быстрое затухание колебаний; для оптимального режима работы виброзащитной системы глубинного оборудования необходим предварительный расчет жесткости и массы демпфирующих устройств.

Анализируя вышесказанное, следует отметить, что эффективность применения виброзащитных устройств напрямую зависит от таких геологических условий применения, рабочего диапазона частот демпфера, конструкции и точности расчета характеристик, правильного подбора компоновки низа бурильной колонны, режимов бурения и много другого.

Список литературы

- 1 Ямалиев В.У., Ишемгузин И.Г. Диагностирование бурового и нефтепромыслового оборудования: учебное пособие. – Уфа: УГНТУ, 2000. – 83 с.
- 2 Патент № 2188939 РФ. Способ определения работоспособности породоразрушающего инструмента/ Ямалиев В.У., Хасанов М.М., Якупов Р.Н., Ишемгузин Е.И., Кузеев И.Р., Солодовников Д.С. – Оpubл. 10.09.2002.
- 3 Патент № 2124125 РФ. Способ регулирования оптимальной осевой нагрузки на долото при бурении скважин/ Ишемгузин И.Е., Ямалиев В.У., Пашинский В.В., Ишемгузин Е.И., Козлов М.Н., Назаров С.В., Галеев Э.М., Лягов А.В. – Оpubл. 27.12.1998.
- 4 Ишемгузин И.Е., Ямалиев В.У., Ишемгузин Е.И. Диагностирование объектов нефтегазодобычи при случайных колебаниях технологических параметров бурения// Нефтегазовое дело. – 2011. – Т. 9, № 3. – С. 17-20.
- 5 Ямалиев В.У., Имаева Э.Ш., Салахов Т.Р. О возможности распознавания технических состояний глубинного бурового оборудования// Нефтегазовое дело. – 2005. – Т. 3. – С.127-132.
- 6 Патент №2335629 РФ. Устройство для оценки состояния породоразрушающего инструмента/ Ямалиев В.У., Салахов Т.Р., Имаева Э.Ш. – Оpubл. 2008, Бюл. №28.
- 7 Громадский А.С., Громадский В.А., Кузьменко Д.И. Исследование режимов бурения и технических решений, обеспечивающих снижение вибраций и повышение надежности станков шарошечного бурения// Вестник КТУ.- 2010.-№25.-С.
- 8 Юнин Е.К., Логачев Ю.Л. Распространение забойных вибраций по бурильной колонне на горизонтальном участке скважины в связи с передачей осевой нагрузки на забой// Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море.- 2011.- №5.- С.8-11.
- 9 Юнин Е.К. К вопросу предотвращения вибраций бурильной колонны// Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море.- 2009.- №12.- С.6-11.
- 10 Янтурин А.Ш. Расчет наддолотных гасителей продольных колебаний

- бурильной колонны // Нефтяное хозяйство. 1987. - №12. - С. 20-23.
- 11 Имаева Э.Ш. Вибронагруженность глубинного оборудования при бурении скважин // Нефтегазовое дело.- http://www.ogbus.ru/authors/Imaeva/imaeva_1.pdf.-24.10.2012.
- 12 Патент № 2185493 РФ, МКИ Е 21 В 17/07. Демпфер продольных колебаний / И.Е. Ишеигужин, Э.Ш. Имаева, А.В. Лягов, Е.И. Ишемгужин, В.У. Ямалиев (РФ). – №2000121293/03; Заявлено 08.08.2000; Опубл. 20.07.02// Изобретения. – 2002. – С.294.
- 13 Коренев Б.Г., Резников Л.М. Динамические гасители колебаний: Теория и технические приложения. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит. , 1988. – 304 с. ил. 97.
- 14 Быховский И.М. Основы теории вибрационной техники. – М.: Машиностроение. 1968. – 368 с.
- 15 Габдрахимов М.С., Б.З. Султанов. Динамические гасители колебаний бурильного инструмента. – М.: ВНИИОЭНГ, 1991. – 60 с.

УДК 622.24.053.9

ВЛИЯНИЕ ПРИРАБОТКИ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ НА МОМЕНТ ОТВОРОТА

А.А. Дронов (аспирант)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация В статье рассматривается вопрос влияния числа циклов свинчивания-развинчивания резьбового замкового соединения на коэффициенты трения, и на значение крутящего момента отворота. Получены значения коэффициента трения в зависимости от числа циклов свинчивания-развинчивания, а также в зависимости от состояния муфты и ниппеля.

Ключевые слова: Приработка резьбы; коэффициент трения; момент отворота; число циклов свинчивания.

В настоящее время, естественное старение эксплуатируемого скважинного фонда требует от нефтяных компаний использовать современные решения для капитального ремонта скважин. Для восстановления участков ствола скважины применяют специальный инструмент. Один из типов инструмента, это скважинные раздвижные расширители и фрезеры. Их используют для работ по расширению стенок скважины и для ремонтно-изоляционных работ. Основная задача, возникающая перед разработчиками и производителями данного оборудования, заключается в снижении его аварийности. Для создания безаварийного инструмента необходимо учитывать следующие особенности его работы:

- ограниченные диаметральные габариты;
- наличие выдвигающего механизма для лопастей;

- высокие вибрационные и инерционные нагрузки.

Перечисленные факторы приводят к возникновению различных осложнений и аварий, среди которых отдельное место занимают аварии, связанные с самопроизвольным отворотом элементов инструмента, установленных ниже рабочих лопастей. Необходимо также отметить, что за последние годы существенно снижена общая аварийность, и на этом фоне, в процентном соотношении нештатные ситуации, связанные с самопроизвольным отворотом, лишь участились. Несмотря на применение некоторыми компаниями стопорящих устройств, вопрос первопричины самопроизвольного отворота не изучен в достаточной степени.

Для решения проблемы самопроизвольного отворота элементов скважинных раздвижных фрезеров и расширителей необходимо, помимо анализа влияния действующих факторов и теоретического определения действующего момента отворота, учесть и такой фактор, как приработка резьбового соединения.

Вопрос влияния числа циклов свинчивания-развинчивания резьбового замкового соединения на коэффициенты трения, и, как следствие, на конечное значение момента отворота. Для изучения данного вопроса были произведены испытания с целью:

- выявление влияния количества затяжек и отворотов на конечный результат момента отворота при свинчивании нового ниппеля с новой муфтой;
- выявление влияния количества затяжек и отворотов на конечный результат момента отворота при свинчивании нового ниппеля с эксплуатируемой ранее муфтой;

Были получены коэффициенты трения для замковой резьбы в зависимости от числа циклов свинчивания-развинчивания, а также в зависимости от состояния муфты и ниппеля.

В результате проведенного эксперимента было получено:

- приработка резьбового соединения для замкового резьбового соединения без поверхностной обработки, с применением смазочного материала заключается в увеличении коэффициента трения;
- разница в коэффициенте трения, и зависящем от него моменте отворота, между первым циклом свинчивания-развинчивания и последующими значительна, и, как следствие, должна быть учтена в анализе проблемы самопроизвольного отворота.

Использование полученных результатов в процессе сборки нового инструмента позволит снизить вероятность самопроизвольного отворота элементов скважинных раздвижных фрезеров и расширителей.

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЭЦН

А.С. Дулов (ММП21-14-01)

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа

Аннотация. Публикация посвящена вопросам оценки технического состояния установок погружных электроцентробежных насосов (УЭЦН).

Представлены результаты исследования узлов УЭЦН, по техническому состоянию, а именно, по средствам тепловизионной съемки.

В результате выполненной работы предложено, наряду с известными методами диагностирования, проводить тепловизионный контроль, для более точной оценки технического состояния УЭЦН.

Ключевые слова: установка погружного электроцентробежного насоса, погружной электродвигатель, техническое состояние, тепловизионная съемка, термограмма.

В связи с широким распространением установок электроцентробежных насосов (УЭЦН), большое внимание уделяется решению задач по обеспечению эффективного контроля над действующим фондом скважин, оборудованных ими, а именно оценке технического состояния глубинно-насосного оборудования в процессе его эксплуатации [1].

Методы и средства диагностики погружного электрооборудования несколько отличаются от методов и средств диагностики других устройств, поскольку погружное оборудование имеет ряд технологических и эксплуатационных особенностей (засорение проточных частей, отложение солей на рабочих органах, наличие газового фактора, абразивный (коррозионный) износ).

Диагностирование УЭЦН проводят различными методами. Например, в процессе эксплуатации возможно применение вероятностно-статистических методов, основывающихся на обработке статистической информации. Разработан метод диагностирования УЭЦН в процессе эксплуатации с применением нейросетевых технологий. Основой данного метода является организация нейросетевого модуля, предназначенного для анализа оперативных данных в режиме реального времени, с использованием нейронных сетей. Так же в процессе эксплуатации УЭЦН применяется электропараметрический метод диагностирования, основанный на измерении электрических параметров объекта контроля.

Методы диагностики УЭЦН в процессе эксплуатации не дают точной оценки количества дефектов, либо довольно сложны в реализации, так как приходится спускать в скважину большое количество оборудования. Для более точной оценки технического состояния УЭЦН применяют методы диагностики после ремонта. Данные методы позволяют сдать в работу исправный УЭЦН. Одним из наиболее распространенных является вибродиагностический метод,

который заключается в снятии вибрационных параметров при входном и выходном контроле УЭЦН на ремонтном предприятии. Данные по вибрации перекачиваются в компьютерную базу, анализируются и выдается заключение о пригодности УЭЦН к эксплуатации [2-4].

Также для диагностирования УЭЦН после ремонта возможно применение пассивного теплового контроля, для этого проводят испытания установки в экспериментальной скважине, после чего возможно, производить тепловизионные измерения. Тепловизионные снимки делаются отдельно для каждого узла УЭЦН, при этом тепловизор располагают на расстоянии 1-3 м от интересующего узла и, добившись четкого изображения на экране, фиксируют его в памяти тепловизора. Далее термограммы проходят обработку на компьютере, анализируются, и делается вывод о дальнейшей эксплуатации УЭЦН [5-6].

При анализе термограмм необходимо знать максимально допустимые температуры каждого из узлов и сопоставлять их с измеренными. Помимо этого, термограмма дает информацию о распределении температур по всей площади исследуемого узла, что позволяет сделать заключение о его техническом состоянии.

Так, например, для оценки технического состояния ПЭД это очень важно, так как при эксплуатации возможны утечки масла и попадание в его полость пластовой жидкости, при этом распределение температуры по его длине не равномерно, верхняя часть нагревается больше чем нижняя. В таком случае, дальнейшая эксплуатация УЭЦН не возможна. Следует заменить масло в электродвигателе и произвести ремонт гидрозащиты.

Таким образом, оценивать техническое состояние УЭЦН можно различными методами, как в процессе эксплуатации, так и во время ремонта и после ремонта. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки. Для более точной оценки технического состояния, следует на каждом этапе применять соответствующие методы и в итоге делать общее заключение о дальнейшей эксплуатации УЭЦН.

Список литературы

- 1 Ямалиев В.У., Салахов Т.Р., Шубин С.С. Применение элементов теории детерминированного хаоса к решению задач технического диагностирования УЭЦН. – Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2014. – № 4. – С.174-191.
- 2 Ямалиев В.У., Ишемгузин И.Е. Диагностирование бурового и нефтепромыслового оборудования. Учебное пособие, Уфа: УГНТУ, 2000 – 83 с.
- 3 Ямалиев В.У., Салахов Т.Р., Шубин С.С. Оценка технического состояния установок электроцентробежных насосов в процессе эксплуатации методом нейросетевой классификации. – «Нефтегазовое дело». – 2013. – №11-4. – С. 102-109.
- 4 Ямалиев В. У., Салахов Т. Р., Шубин С. С. Устройство для оценки

технического состояния установок электроцентробежных насосов в процессе эксплуатации. – Патент на изобретение RUS №2525094 от 04.05.2013.

- 5 Ямалиев В.У., Гилязова М.Д., Дулов А.С. Тепловизионный контроль технического состояния УЭЦН. – Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2015 – № 3 – С. 271 – 281.
- 6 Ямалиев В.У., Ардаширов Л.К. Методы диагностирования станков-качалок. – Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2013. – №4 – С. 364 – 373.

УДК 622.24.057

АНАЛИЗ ОТКАЗОВ ОСНОВНЫХ УЗЛОВ СКВАЖИННОГО ТРАКТОРА

С.В. Ильин (ММП-21-14)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Публикация посвящена вопросам оценки технического состояния скважинных тракторов.

Представлены основные причины выхода из строя самых нагруженных узлов устройства, а именно цепных и червячных передач.

В результате выполненной работы предложено диагностировать цепные передачи инерционным методом, а червячные – вибрационным, для более точной оценки технического состояния скважинного трактора.

Ключевые слова: скважинный трактор, горизонтальная скважина, техническое состояние, инерционный метод, вибрационный метод.

Скважинный трактор – это устройство для доставки оборудования и аппаратуры в горизонтальные секции скважин со значительным отклонением ствола от вертикали. Данная технология позволяет значительно сократить затраты времени на проведение геофизических исследований и повысить эффективность скважинных операций [6].

Эффективность эксплуатации скважинного трактора во многом определяется совершенством методов распознавания технического состояния его основных узлов, что становится возможным за счет широкого использования средств контроля и диагностики [4]. Рассмотрим наиболее подверженные отказам узлы скважинного трактора. К ним относятся цепная и червячная передачи.

Основными причинами выхода из строя цепных передач являются[3]:

- износ шарниров звеньев цепи;
- усталостное разрушение пластин по проушинам;
- разрушение роликов и втулок;
- износ зубьев звездочек.

Наиболее слабым узлом цепного привода является тяговая цепь. Выявленные отказы цепи обуславливаются тем, что при эксплуатации цепей, кроме их механического изнашивания роликов и пластин происходит некоторое вытягивание цепи, что уменьшает угол охвата его звездочек и вызывает рост переменных нагрузок из-за увеличивающихся колебаний и вибраций цепи. При ослаблении натяжения цепи возможны ее «соскакивания», что ведет к остановке или даже поломке механизма [5].

Существующие методы контроля качества цепных передач, такие как: вибрационный, тензометрический, тепловой, визуальный, инерционный, позволяют оценивать состояние цепей на стадии эксплуатации, технического обслуживания и ремонта [1].

Метод инерционного контроля отражает наглядную картину изменения момента инерции механической системы и позволяет судить о состоянии цепей в режиме эксплуатации.

Причины выхода из строя червячных передач (в порядке убывания частоты проявления отказов) [2]:

- абразивный износ;
- заедание;
- усталостное выкрашивание;
- пластическая деформация;
- отслаивание.

Червячная передача скважинного трактора, как правило, выполняется в отдельном корпусе с хорошей системой смазки, поэтому основным ее дефектом является усталостное выкрашивание.

Предупредить аварийное разрушение зубьев и увеличить срок службы передачи позволяют своевременные ремонтные мероприятия, обоснованные результатами диагностики. В практике работы ремонтных служб промышленных предприятий основным методом оценки степени работоспособности и состояния червячных передач является визуальный осмотр. Вибрационный контроль в данном случае является индикаторным методом, позволяющим зафиксировать отклонения в работе зубчатого зацепления [1].

Таким образом, от совершенства методов распознавания технического состояния цепной и зубчатой передачи зависит эффективность эксплуатации скважинного трактора. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки. Диагностирование цепных передач следует производить инерционным методом, который позволяет с высокой точностью определить состояние передачи во время эксплуатации. Для более точной оценки технического состояния червячной передачи, следует использовать вибрационный метод диагностирования.

Список литературы

- 1 Егоров, А.В. Инерционный метод контроля качества цепных передач / А.В. Егоров, К.Э. Козлов, В.Н. Белогусев // Политематический сетевой

- электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар. – 2013. - №88(04)
- 2 Сидоров, В.А. Повреждения зубчатых передач: классификация / Международный информационно-технический журнал «Оборудование и инструмент для профессионалов, серия Металлообработка», №3 (125) 2010. С. 28 – 34
 - 3 Чистов Д. И., Зубаиров С. Г. Цепные передачи: учебно-методическое пособие, Уфа: УГНТУ, 2007 - 43 с.
 - 4 Ямалиев В.У., Ишемгузин И.Е. Диагностирование бурового и нефтепромыслового оборудования. Учебное пособие, Уфа: УГНТУ, 2000 - 83 с.
 - 5 Ямалиев В.У., Ленков С.Н. Анализ работы цепных приводов штанговых скважинных насосов в ОАО АНК «Башнефть» // Нефтегазовое дело. 2015. Т. 13. № 1. С. 81-85.
 - 6 Welltec [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kngf.ru/welltec/> (дата обращения: 01.02.2016)

УДК 622.276.054.22

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УШВН

А.М. Нурмухаметов (ММП21-14-01)

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа

Аннотация. Публикация посвящена вопросам оценки технического состояния установок штанговых винтовых насосных (УШВН).

Рассмотрены возможные методы диагностирования УШВН, по техническому состоянию, а именно метод теплового неразрушающего контроля и вибродиагностический метод.

В результате выполненной работы предложено, использовать данные методы диагностирования для выявления дефектов на ранних стадиях и неправильных режимов работы оборудования.

Ключевые слова: установка штангового винтового насоса (УШВН), статор-ротор, техническое состояние, тепловой контроль, пирометр, вибродатчик.

В последние годы в России и во многих других нефтедобывающих регионах мира все большее распространение получают новые технологии и технические средства скважиной добычи нефти. Среди них к наиболее перспективным средствам добычи нефти относится установка скважинного винтового насоса с приводом от вращающейся штанговой колонны. В связи с широким применением установки штангового винтового насоса (УШВН), большое внимание уделяется оценке технического состояния погружного насосного оборудования в процессе его эксплуатации [1].

Процесс эксплуатации УШВН часто сопровождается большим выделением тепла в паре статор-ротор, из-за чего наиболее частым отказом является прогорание эластомера. Также статор может быстро выйти из строя из-за попадания абразивных частиц между обоймой статора и винтом ротора. На данный момент способы диагностирования УШВН в процессе эксплуатации малоизвестны, в связи с чем, возникает необходимость разработки возможных методов диагностирования данной установки [2-7].

Одним из рассматриваемых методов является метод пассивного неразрушающего теплового контроля. С помощью такого прибора как пирометр, можно вести оценку технического состояния УШВН. При помощи пирометра мы можем измерять температуру двигателя, который находится на устье скважины и искать взаимосвязь между распределением температуры и наиболее частыми отказами двигателя при эксплуатации УШВН. Также при помощи пирометра во время стендовых испытаний новых насосов или насосов после ремонта, мы можем измерять температуру эластомера, наводя прибор на корпус винтового насоса, тем самым не допуская, перегрев пары статор-ротор и, соответственно, исключить его разрушение.

Одним из наиболее распространенных является вибродиагностический метод, который заключается в снятии вибрационных параметров. При использовании вибродатчиков, которые можно расположить на устье скважины непосредственно на двигателе или штангах, мы можем получать информацию о состоянии насоса в режиме реального времени, не прибегая к спуско-подъемным операциям. Анализируя данные, считываемые с вибродатчиков, мы можем искать взаимосвязь между частотами вибраций и техническим состоянием пары статор-ротор, что в дальнейшем поможет нам избегать серьезных аварий во время эксплуатации УШВН.

Таким образом, применение теплового контроля и вибродиагностирования в процессе эксплуатации УШВН играет важнейшую роль. Знание температуры распределения и взаимодействия процессов и объектов дает большое количество данных для последующей настройки, выявления неправильных режимов работы оборудования. Основным преимуществом данного метода является то, что он достаточно прост и возможно выявление дефектов на ранних стадиях.

Список литературы

- 1 Ямалиев В.У., Ишемгузин И.Е. Диагностирование бурового и нефтепромыслового оборудования. Учебное пособие, Уфа: УГНТУ, 2000 – 83 с.
- 2 Ямалиев В. У., Салахов Т. Р., Шубин С. С. Устройство для оценки технического состояния установок электроцентробежных насосов в процессе эксплуатации // Патент на изобретение RUS 2525094 от 04.05.2013
- 3 Ямалиев В.У., Салахов Т.Р., Шубин С.С. Применение элементов теории детерминированного хаоса к решению задач технического

диагностирования УЭЦН // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2014. №4. С.174-191

- 4 Ямалиев В.У., Ардаширов Л.К. Методы диагностирования станков-качалок // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2013. №11-4. С. 364 – 373
- 5 Ямалиев В.У., Салахов Т.Р., Шубин С.С. Оценка технического состояния установок электроцентробежных насосов в процессе эксплуатации методом нейросетевой классификации // Нефтегазовое дело: науч. журн. УГНТУ. 2013. № 4. С. 102-109
- 6 Ямалиев В.У., Тагирова К.Ф., Салахов Т.Р., Шубин С.С., Дунаев И.В. Диагностирование установок электроцентробежных насосов в процессе их эксплуатации с применением нейросетевых технологий. – Нефтегазовое дело. – 2011. - Т.9.– №4 – С. 68-72
- 7 Ямалиев В.У., Гилязова М.Д., Дулов А.С. Тепловизионный контроль технического состояния УЭЦН // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2015. - №3. – С.271-281.

УДК 622.276.054.22

ВИБРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА СТЕНДА ЦЕПНОГО ПРИВОДА СКВАЖИННЫХ ШТАНГОВЫХ НАСОСОВ

С.Н. Ленков (А0551/13-13-01)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. В тезисе описываются достоинства и недостатки цепных приводов штанговых скважинных насосов. Рассматривается решение увеличения срока службы, опираясь на результаты проведенных исследований вибрации роликовой цепи и зубчатой цепи с натяжным устройством и без него на разработанном стенде цепного привода.

Ключевые слова: цепной привод, штанговые скважинные насосы, стенд, вибродиагностика, зубчатая цепь, роликовая цепь, натяжение цепи.

Цепной привод штангового скважинного насоса находит широкое применение для добычи нефти как в нашей стране, так и зарубежом. Цепные приводы в отличие от привычных станков-качалок имеют ряд преимуществ, основные из которых: позволяют максимально увеличить длину хода и уменьшить число качаний, что способствует увеличению коэффициента наполнения насоса, увеличению срока службы устьевых сальников; сокращение энергетических затрат на подъем продукции из скважин; при одинаковой со станками-качалками технической характеристики для цепного привода требуется редуктор с меньшим передаточным отношением и вращающим моментом (в 5...8 раз).

Не смотря на ряд преимуществ, анализ отказов цепного привода показал, что наиболее слабым узлом являются звенья тяговой цепи. Вследствие чего является целесообразным разработка и проведение мер, повышающих надежность работы узлов звеньев тяговой цепи.

Был разработан стенд цепного привода штангового скважинного насоса для проведения экспериментов вибрационной диагностики.

Стенд имеет возможность устанавливать в качестве тяговой цепи роликовую двухрядную цепь или зубчатую цепь, также ведомую звездочку устанавливать на натяжитель цепи или жестко закрепить на раме, что позволит провести вибродиагностические исследования влияния цепей и их натяжения на общую вибрацию установки.

Анализ результатов вибродиагностических исследований на стенде цепного привода штангового скважинного насоса по общему уровню вибрации показал, что использование зубчатой цепи вместо роликовой цепи приводит к уменьшению вибрации в среднем на 10% по всему диапазону натяжения. Это объясняется тем, что зубчатые цепи с шарнирами качения не имеют валика, их изготавливают с двумя сегментными вкладышами, которые не скользят при взаимном повороте пластин, а перекатываются, что позволяет снизить вынужденные колебания цепи.

Исходя из вышесказанного, применение зубчатой цепи в качестве тяговой цепи способствует снижению вибрации, тем самым увеличивает срок службы всех узлов цепного привода.

УДК 622.276.5

АНАЛИЗ ПОВРЕЖДЕНИЙ УЗЛОВ ГАЗОСЕПАРАТОРА УЭЦН

Д.И. Соболева (ММП21-14-01), И.Е. Ишемгузин (к.т.н., доцент)

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа

Аннотация. Рассмотрены виды поломок газосепаратора УЭЦН. Проанализированы причины отказов газосепаратора УЭЦН, способы их диагностики, и методы устранения.

Ключевые слова: установка погружного электроцентробежного насоса, газосепаратор, газовый фактор, механические примеси, свободный газ.

Проблема повышения эффективности эксплуатации УЭЦН затронула многие нефтяные компании из-за преждевременных или повторных ремонтов глубинно-насосного оборудования, потери плановой добычи нефти из-за простоя скважины, ликвидации осложнений (высокие температуры в скважине, наличие в газожидкостной смеси примесей, воды, большого количества попутного газа).

Газ является спутником нефти и его присутствие в последней изменяется в широких пределах. Наличие водонефтяных и широких подгазовых зон

продуктивных пластов приводит к широкому варьированию значения газового фактора в отдельных скважинах в зависимости от расположения их забоев в существующей сетке разбуривания.

Влияние газа в рабочих органах насоса проявляется в следующем: ухудшение энергообмена между рабочим колесом и жидкостью, коалесценция пузырьков газа в каналах рабочего колеса, образование газовых каверн, срыв подачи насоса в результате недостаточного поступления перекачиваемой жидкости в полости рабочих. Газовый фактор имеет большое значение при выборе способа эксплуатации и проектировании оптимального режима работы системы пласт-скважина.

Для уменьшения количества свободного газа в пластовой жидкости, откачиваемой погружными электроцентробежными насосами, применяют газосепараторы. При работе газосепаратор подвергается воздействию вредных факторов, таких как газожидкостная смесь, механические примеси, подача насоса, скорость потока, частота.

Основными проблемами в повреждениях газосепаратора являются: потеря приемной сетки, износ шнека под большим давлением на вал, коррозионный износ вала, а также эрозионный износ шнека, что приводит к уменьшению его в диаметре.

Для контроля технического состояния газосепаратора и установки в целом, используют вибродиагностирование. Для проведения мониторинга технического состояния УЭЦН используется, например, портативный виброанализатор фирмы «CSI», совместимый с персональным компьютером. Виброанализатор позволяет проводить замеры вибрации в диапазон 1-1500 Гц с динамическим диапазоном 70dB.

Установив на опорах газосепаратора вибродатчики, во время эксплуатации возможно отслеживать работу не только газосепаратора, но и всей УЭЦН.

После снятия и анализа вибрационных характеристик выясняют причину повышенной вибрации, определяют техническое состояние газосепаратора, выявляют неисправности.

Для безотказной работы оборудования следует своевременно выявлять причины неисправностей и проводить мероприятия по их устранению.

УДК 622.276.057

ИНЕРЦИОННЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ ИНЖЕКТОРА КОЛТЮБИНГОВОЙ УСТАНОВКИ

Т.А. Лукманов (ММП-21-14)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Публикация посвящена вопросам оценки технического состояния приводов инжекторов колтюбинговых установок. Представлены

основные причины выхода из строя самых нагруженных узлов устройства, а именно цепных передач. В результате выполненной работы предложено диагностировать цепные передачи инерционным методом, для более точной оценки технического состояния привода инжектора.

Ключевые слова: привод инжектора, колтюбинговая установка, техническое состояние, инерционный метод.

Колтюбинг – одно из перспективных и развивающихся направлений специализированного оборудования для газонефте промышленности. Оно основано на использовании гибких непрерывных труб, которые заменяют традиционные сборные бурильные трубы при работах внутри скважин. Такие трубы благодаря своей гибкости способны предоставить доступ даже в боковые и горизонтальные стволы.

Одним из наиболее ответственных узлов агрегата является транспортер. Он должен обеспечивать перемещение колонны гибких труб в заданном диапазоне без проскальзывания рабочих элементов и повреждений наружной поверхности трубы и ее геометрии. Необходимо, чтобы транспортер при перемещении КГТ и вверх, и вниз работал одинаково надежно.

Эффективность эксплуатации инжектора во многом определяется совершенством методов распознавания технического состояния его основных узлов, что становится возможным за счет широкого использования средств контроля и диагностики [3]. К настоящему времени сложились два направления в конструировании транспортеров – с одной и двумя тяговыми цепями, снабженными плашками, взаимодействующими с колонной гибких труб, и поэтому цепная передача это наиболее подверженный отказам узел инжектора.

Основными причинами выхода из строя цепных передач являются[1]:

- износ шарниров звеньев цепи;
- усталостное разрушение пластин по проушинам;
- разрушение роликов и втулок;
- износ зубьев звездочек.

Наиболее слабым узлом цепного привода является тяговая цепь. Выявленные отказы цепи обуславливаются тем, что при эксплуатации цепей, кроме их механического изнашивания роликов и пластин происходит некоторое вытягивание цепи, что уменьшает угол охвата его звездочек и вызывает рост переменных нагрузок из-за увеличивающихся колебаний и вибраций цепи. При ослаблении натяжения цепи возможны ее «соскакивания», что ведет к остановке или даже поломке механизма [4].

Существующие методы контроля качества цепных передач, такие как: вибрационный, тензометрический, тепловой, визуальный, инерционный, позволяют оценивать состояние цепей на стадии эксплуатации, технического обслуживания и ремонта[1].

Метод инерционного контроля позволяет выявить зависимость момента инерции цепной передачи в широком диапазоне скоростей от неисправности в цепи. Специальный стенд для испытаний цепного привода позволяет

определить момент инерции цепной передачи во время переходных режимов работы цепного привода. Для определения момента инерции элементов системы, используя диски с эталонными моментами инерции $0,00110 \text{ кг} \times \text{м}^2$ и $0,00367 \text{ кг} \times \text{м}^2$, выполненные из стали (Ст.3 ГОСТ 1050-88). Для проверки достоверности получаемых данных с персонального компьютера, проводятся измерения с добавочным эталонным моментом инерции ($0,00110 \text{ кг} \times \text{м}^2$). С помощью компьютера определяется момент инерции цепного привода в сборе и цепного привода в сборе с эталонным моментом инерции и вычисляется средние значения моментов инерции вращающихся масс систем

Метод инерционного контроля отражает наглядную картину изменения момента инерции механической системы и позволяет судить о состоянии цепей в режиме эксплуатации.

Таким образом, от совершенства методов распознавания технического состояния цепной передачи зависит эффективность эксплуатации инжектора колтюбинговой установки. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки. Диагностирование цепных передач следует производить инерционным методом, который позволяет с высокой точностью определить состояние передачи во время эксплуатации.

Список литературы

- 1 Егоров, А.В. Инерционный метод контроля качества цепных передач / А.В. Егоров, К.Э. Козлов, В.Н. Белогусев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, Краснодар. – 2013. - №88(04)
- 2 Чистов Д. И., Зубаиров С. Г. Цепные передачи: учебно-методическое пособие, Уфа: УГНТУ, 2007 - 43 с.
- 3 Ямалиев В.У., Ишемгузин И.Е. Диагностирование бурового и нефтепромыслового оборудования. Учебное пособие, Уфа: УГНТУ, 2000 - 83 с.
- 4 Ямалиев В.У., Ленков С.Н. Анализ работы цепных приводов штанговых скважинных насосов в ОАО АНК «Башнефть»// Нефтегазовое дело. 2015. Т. 13. № 1. С. 81-85.

УДК 622.276.53

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В КЛАПАННОМ УЗЛЕ ШТАНГОВОГО СКВАЖИННОГО НАСОСА

Д.А. Немирович (ММП21-14-01)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Статья сообщает об определении неисправностей в клапанном узле штангового скважинного насоса (ШСН). Предложены методы исследования клапанных узлов ШСН, методом неразрушающего контроля, а

именно ультразвуковым методом. В итоге предложен ультразвуковой метод для эффективного определения дефектов.

Ключевые слова: установка штангового скважинного насоса, клапанный узел, ультразвуковой контроль, ультразвуковой дефектоскоп, причины отказа.

Значительная часть нефтяных месторождений в мире, особенно находящихся в поздней стадии эксплуатации, разрабатываются с использованием установок штанговых скважинных насосов (ШСН). Основными преимуществами ШСН являются простота конструкции, надежность, возможность обслуживания и ремонта в промысловых условиях, широкий диапазон производительности, низкая энергоемкость эксплуатации [3,6].

Основными причинами отказа ШСН являются: запарафинивание клапанов, износ клапанов, засорение клапанов, разрушение шарика, потеря герметичности клапанной пары. Причинами этих осложнений является нарушение герметичности клапана, изменение формы фаски седла за счёт пластической деформации, коррозии [8].

Существующие методы контроля ШСН, такие как ваттметрирование, барографиование, динамометрирование позволяют оценивать состояние насоса на стадии эксплуатации, а ультразвуковой метод при ремонте [1,9,10].

Перед началом ввода в эксплуатацию насос проверяют на герметичность увеличением давления. Барографиование позволяет определить давление во всасывающем клапане и на выкиде насоса, перепад давления в клапанах, характер утечек и т.д. Давление регистрируется глубинным манометром, спускаемым на проволоке через затрубное пространство. Метод барографиования достаточно сложен и трудоемок и не может быть применен для оперативного контроля за работой насосных установок [4,5,7].

Ультразвуковой контроль не разрушает и не повреждает исследуемый образец, возможно, проводить контроль изделий из разнообразных материалов [2]. Данный метод позволяет определить толщину стенки седла, износ, целостность детали, сплошность шара.

При диагностировании клапанной пары ШСН следует применять ультразвуковой метод, который обладает высокой скоростью исследования, при низкой стоимости и опасности для человека, и высокой мобильностью ультразвукового дефектоскопа.

Список литературы

- 1 Елисеев Д.Д. Динамометрирование скважинной штанговой насосной установки: бак. раб... бакалавр. – Уфа: УГНТУ, 2012. – 40с.
- 2 Ямалиев В.У., Ишемгузин И.Е. Диагностирование бурового и нефтепромыслового оборудования. Учебное пособие, Уфа: УГНТУ, 2000 - 83 с.
- 3 Немирович Д.А., Забиров Ф.Ш. Об использовании зарубежного опыта эксплуатации ШСН. В книге: 65-я Научно-техническая конференция

- студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ 2014. С. 188-189.
- 4 Лягов А.В., Назаров С.В., Забиров Ф.Ш. Термогазогенератор скважинный патент на изобретение RUS 2197610 27.03.2001.
 - 5 Беспалова О.Е., Забиров Ф.Ш. Об организации эксплуатации и технического обслуживания нефтегазопромыслового оборудования по техническому состоянию. В сборнике: Обеспечение промышленной безопасности опасных производственных объектов топливно-энергетического комплекса Республики Башкортостан Материалы III республиканского научно-технического семинара. 2002. С. 182-186
 - 6 Забиров Ф.Ш., Беспалова О.Е. О разработке методов оценки технического состояния и остаточного ресурса нефтегазопромыслового оборудования. В сборнике: Обеспечение промышленной безопасности опасных производственных объектов топливно-энергетического комплекса Республики Башкортостан Материалы Второго научно-технического семинара. 1999. С. 229-230
 - 7 Муслухов Р.В., Забиров Ф. Ш. Установка штанговая скважинная насосная с усовершенствованной плунжерной парой. В книге: 55-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых 2004. 244 с.
 - 8 Аббасов Э.И., Керимов О. М. Исследование работы клапанного узла штангового скважинного насоса [Текст] / Э.И. Аббасов, О.М.Керимов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море/ АГНА, 2015 №1. - С. 31-33.
 - 9 Ленков С.Н., Ямалиев В.У. Анализ работы цепных приводов штанговых скважинных насосов в ОАО АНК «Башнефть» [Текст] / С.Н. Ленков, В.У. Ямалиев // Нефтегазовое дело / УГНТУ, 2015 Т.13. № 1. С. 81-85.
 - 10 Ямалиев В.У., Ардаширов Л.К. Методы диагностирования станков-качалок [Текст] / В.У. Ямалиев, Л.К. Ардаширов // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело / УГНТУ, 2013 № 4. С. 364-373.

УДК 622.245.142.6

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО ЩЕЛЕВОГО ПЕРФОРАТОРА

*Е.А. Мурзагулова (ММП21-14-01), С.В. Назаров (к.т.н., доцент)
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Публикация посвящена вопросам оценки технического состояния гидромеханического щелевого перфоратора. Представлены результаты исследования функциональных возможностей и повышение надежности щелевой перфорации. В результате выполненной работы предложено, наряду с известными методами диагностирования, применять

технологии гидромеханической щелевой перфорации (ГМЩП), для получения оптимальной формы перфорационного канала.

Ключевые слова: гидромеханическая щелевая перфорация, гидромониторная насадка, амплитуда спектра колебаний давления жидкости, метод неразрушающего контроля, продуктивный пласт перфоратора.

Перфорация обсадной колонны является основным способом вторичного вскрытия продуктивного пласта в процессе строительства скважины. Известны различные методы перфорации: пулевая, торпедная, кумулятивная, химическая, сверлящая, термическая и т.д. Из множества методов перфорации скважин наиболее приемлемым является технология гидромеханической щелевой перфорации, так как именно этот метод позволяет получить оптимальную форму перфорационного канала. Суть этого метода заключается в том, что в зоне продуктивного пласта перфоратор формирует продольную щель большой протяженности с одновременным воздействием струей промывочной жидкости на цементное кольцо.

Важной задачей является расширение функциональных возможностей и повышение надежности гидромеханического щелевого перфоратора. В процессе эксплуатации перфоратора возможны следующие неисправности: быстрый абразивный износ гидромониторной насадки, накатного ролика и клапанного узла промывочного канала, что может понизить эффективность буровых работ.

Проведенные исследования показали, что амплитуда спектра колебаний давления жидкости в низкочастотном диапазоне частот 0,2 Гц можно использовать в качестве диагностического критерия для определения момента завершения механического продавливания обсадной колонны. Также установлено, что число выбросов случайных колебаний можно использовать в качестве диагностического критерия при работе щелевого перфоратора. Для оптимальной осевой нагрузки, соответствующей весу компоновки на подъем и спуск, нанесению меток на поверхность НКТ, определяют максимальное и минимальное число выбросов, которое поддерживается в процессе работы перфоратора, и как только число выбросов выходит за установленные границы, это служит сигналом об окончании механического продавливания тела обсадной трубы накатным диском перфоратора.

Существуют различные методы неразрушающего контроля, которые можно применить при различных неисправностях щелевого перфоратора. Эти методы можно применить в процессе ремонтных работ. Например, рассмотрим основной узел гидромеханического щелевого перфоратора гидромониторной насадки. Отказом насадки является кавитационный износ, образование трещин, чтобы этого не было используется ультразвуковой метод контроля, который позволяет увидеть абразивный износ гидромониторной насадки и дать заключение о его техническом состоянии.

Таким образом, диагностирование в процессе эксплуатации щелевого перфоратора методом спектральных характеристик, и методом

неразрушающего контроля в процессе ремонта позволяет прогнозировать его работоспособность и не допускать аварийных ситуаций.

УДК 622.245.35

ИСКУССТВЕННАЯ КОЛЬМАТАЦИЯ СТЕНОК СТВОЛА СКВАЖИНЫ В ПРОЦЕССЕ ВСКРЫТИЯ ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА БУРЕНИЕМ

*Д.Н. Потапов (ММП21-15-02), А.Ш. Янтурин (д.т.н., профессор)
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. В данной статье затронута проблема использования естественной кольматации и искусственной, которая в свою очередь не пользуется популярностью. Приводится сравнение образования кольматационного слоя и глубины проникновения твердых частиц для искусственной и естественной кольматаций. Проведенный анализ информации в статье показывает, что искусственная кольматация – это полезный процесс, но при этом почти не используется.

Ключевые слова: кольматация, кольмататор, буровой раствор с твердыми кольматирующими частицами, кольматационный слой, глубина проникновения твердых частиц раствора

В наше время кольматация скважины применяется крайне редко. Обычно считают, что естественной кольматации достаточно, т.к. снижается глубина проникновения инфильтрата промывочной жидкости в прискважинную зону пласта, что несколько облегчает процесс восстановления естественной проницаемости прискважинной зоны пласта при последующих операциях освоения и ввода скважины в эксплуатацию, но не решает проблему в целом [5]. Для этого нужно применять искусственные методы кольматации стенок ствола скважины.

Целью работы является изучение и оценка степени влияния искусственной кольматации стенок ствола скважины на интенсивность загрязнения прискважинной зоны пласта и на расход бурового раствора. Дополнительной целью является выяснение влияния на дебит скважины при ее дальнейшем освоении.

Т.к. нет возможности провести эксперименты в скважине по выявлению процента расхода бурового раствора и взять пробы на химический состав и плотность прискважинной зоны пласта, то воспользуемся аналитическим методом.

При естественной кольматации слой (корка) образуется и уплотняется с каждым последующим гидроударом твердых частиц бурового раствора о стенку ствола скважины (проницаемость зависит от наполнителей [3]). В искусственном иначе, слой образуется при первом ударе, затем упрочняется

вторым ударом [1], давление струи $p=6..8$ МПа, что кратно выше давления, вызывающего инфильтрацию жидкости в пласт $p=1..4$ МПа. В искусственном методе глубина проникновения твердых частиц глинистого раствора составляет 2..3 см, что в 10 раз больше, чем при естественной кольматации, где глубина проникновения 1..3 мм [4].

Исходя из этого, можно сделать вывод, что при искусственном методе кольматации время давления струи на стенку ствола, вызывающее проникновение кольматирующих частиц в породу, на несколько порядков меньше, чем время инфильтрации, а значит, уменьшается интенсивность проникновения инфильтрата промывочной жидкости в пласт, и, соответственно, снижается потеря бурового раствора, т.к. из-за кольматационной корки жидкая фаза меньше уходит в поровые каналы [2].

Так же по результатам исследований было выявлено, что искусственная кольматация позволяет увеличить дебит этой скважины при ее освоении [6]. Соответственно, искусственная кольматация несет неплохую экономическую выгоду.

Список литературы

- 1 Shibayama Sato S. A model for mud transport due to waves / 19th Annu. Offshore Technol. Conf., Houston, Tex., Apr. 27-30, 1987 Proc. Vol. 1. –S.I. s. a. – P. 503-519.
- 2 Варламов Е.П. Гидродинамические процессы на забое скважины и совершенствование систем промывки буровых долот.: Автореф. дисс. на соиск.уч.степ.д.т.н./ УГНТУ, 1996, 47 с.
- 3 Исследование закупоривающей способности применяемых наполнителей, затворенных на растворах с различными реологическими свойствами / БашНИПИнефть (Башнефть). – Уфа, 1986.- 25 с.
- 4 Кулиев А.Е. Экспериментальное определение силы давления струй на забой скважины. – Нефтяное хоз-во, 1973, № 1, 38-41 с.
- 5 Курочкин Б.М., Прусова Н.Л. Гидромеханическое закупоривание проницаемых пород. – М.: ВНИИОЭНГ, 1987, /Обз.информ.Сер."Бурение", вып.14/.-56 с.
- 6 Назарбеков Д.Н., Уткелбаев Р.У., Курочкин Б.М., Прусова Н.Л. Предупреждение и ликвидация поглощений и нефтегазопроявлений. – Нефтяное хоз-во, 1992, № 9, 6-8 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ОСЕВОЙ НАГРУЗКИ В НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ

Д.Р. Исламов (ММП21-15-02)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Осевая нагрузка на долото является одним из параметров режима бурения. Целью работы является подбор оптимальных параметров компоновки низа бурильной колонны и гидронагружателя для создания осевой нагрузки при бурении наклонно-направленных и горизонтальных скважин для долот больших диаметров (142...215,9 мм.). После проведения всех расчетов будут выбраны оптимальные параметры режима работы.

Ключевые слова: гидронагружатель, осевая нагрузка, долото, наклонно-направленное бурение, турбобур

Актуальность данной темы заключается в том, что в настоящее время, с учетом активной разработки нефтяных пластов, бурение наклонно-направленных скважин является наиболее перспективным методом бурения, в местах, где вертикальный способ бурения затруднен или невозможен (залежи под городами, озёрами, бурение морских залежей с берега).

Осевая нагрузка на долото является одним из параметров режима бурения. Создание осевой нагрузки отличается большой трудоемкостью из-за большого веса свечей утяжеленных бурильных труб. Поэтому в буровой практике часто количество свечей утяжеленных бурильных труб уменьшают до минимума (2-3 свечи), а оставшуюся часть осевой нагрузки создают весом обычных бурильных труб, которые испытывают напряжение сжатия в нижней части бурильной колонны, а по окончании процесса бурения - при спуско-подъемных операциях - растягиваются. Эта знакопеременная нагрузка резко уменьшает долговечность бурильной колонны и является одной из причин аварий с бурильными трубами [1].

Способы формирования осевой нагрузки на долото с применением забойных устройств подачи долота (УПД) в промышленном масштабе практически не реализованы из-за существенных недостатков. Исключение составил способ при бурении скважины с забойным механизмом подачи (ЗМП), встраиваемом между бурильной колонной и турбобуром [2]. Формирование осевой нагрузки на долото при этом производится путем нагружения долота весом турбобура и подвижной части ЗМП, а также путем создания гидравлического осевого усилия от действия перепадов давления в турбобуре и долоте [3].

При этом способе формирования осевой нагрузки на долото масса бурильной колонны не участвует в создании нагрузки на долото, которая остается постоянной, но только в вертикальной скважине, тогда как при

наличии наклонных участков скважины с зенитными углами более 60° постоянным усилием остается только гидравлическое, т.е. при наличии таких участков скважины способ формирования осевой нагрузки с применением ЗМП не пригоден[4].

Целью работы является подбор оптимальных параметров компоновки низа бурильной колонны и гидронагружателя для создания осевой нагрузки при бурении наклонно-направленных и горизонтальных скважин для долот больших диаметров (142...215,9 мм.).

Для решения данной задачи планируется построить математическую модель компоновки низа бурильной колонны с гидронагружателем для различных диаметров долота. Соответственно с изменением диаметра долота будут изменяться все параметры бурильной колонны, такие как диаметр бурильной колонны, масса, жесткость и т.д. После проведения всех расчетов будут выбраны оптимальные параметры режима работы.

Список литературы

- 1 Зинатуллина Э.Я. Разработка управляемых в процессе бурения скважин колтюбинговых компоновок низа бурильной колонны: дис. ...канд.техн.наук. Уфа, 2009.-121.
- 2 Технология и технические средства улучшения гидродинамической связи скважины с пластом/ Н.А. Шамов, А.В. Лягов, Э.Я. Зинатуллина и др.//Нефтегазовое дело, 2006.-№4 – С.317-327.
- 3 Зинатуллина Э.Я. Актуальные проблемы бурения винтовыми забойными двигателями / Э.Я.Зинатуллина//Материалы 57-й науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2006.- С.82.
- 4 Опыт колтюбингового бурения горизонтальной скважины российским оборудованием и инструментом в АНК «Башнефть»/А.В. Лягов, С.В. Назаров, Э.Я. Зинатуллина и др.// Интернет-журнал «Нефтегазовое дело», 2004.-http://www.ogbus.ru/authors/Lyagov/Lyagov_1.pdf

УДК 622.276.054.22

ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШТАНГОВЫХ ВИНТОВЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК ОБОРУДОВАННЫХ ПОЛЫМИ ШТАНГАМИ УШВН

Г.В. Павлов (ММП21-15-02)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Работа содержит анализ условий эксплуатации штанговых винтовых насосных установок, оборудованных полыми штангами. Рассмотрены нагрузки, действующие на колонну полых насосных штанг и причины их обрывов. Сравнение напряженно-деформированного состояния полых и

сплошных насосных штанг, показало, что при одинаковых углах искривления скважины, изгибающие напряжения, возникающие в полых штангах значительно выше, чем в сплошных.

Ключевые слова: насосная штанга, полая штанга, винтовой насос, добыча нефти, колонна штанг, добыча нефти.

При эксплуатации штанговых винтовых насосных установок (УШВН), полые штанги применяются для следующих целей [1]:

- в качестве канала для подачи в скважину различных реагентов;
- получение продукции из одного пласта при одновременно-раздельной эксплуатации двух пластов, при добыче нефти из скважины;
- улучшение выноса песка за счет уменьшения проходного сечения подъемной колонны и увеличения скорости потока откачиваемой через полые штанги жидкости.

При работе УШВН колонны штанг на участках локального искривления ствола из-за вращения по траектории “вокруг своей оси” испытывают большие, по сравнению с колоннами для плунжерных насосов, знакопеременные нагрузки. Кроме того, при вращении колонны штанг, возникают значительные крутящие моменты на преодоление сил трения в подземной части УШВН. В результате, эксплуатационный ресурс штанг снижается, а возможность возникновения аварии, соответственно, возрастает.

Наиболее часто обрывы штанг происходят вследствие усталости металла, в результате переменных нагрузок, концентраций напряжений, коррозионности среды. Усталостное разрушение штанг обычно начинается с поверхности образованием микротрещины. Поверхность излома имеет характерный вид: она состоит из двух зон – мелкозернистой и крупнозернистой. Усталостное разрушение штанг ускоряется переменными нагрузками, концентрацией напряжений и воздействием коррозионной среды, поэтому выбор допускаемых напряжений для штанг представляет собой важную задачу.

Сравнение напряженно деформированного состояния полых и сплошных штанг показало, что за счет большего полярного момента инерции сечения в колонне полых штанг на участках локального искривления ствола скважины, возникают большие изгибающие напряжения, по сравнению со сплошными штангами. Изгибающие напряжения, рассчитанные по методике [2] увеличиваются на 2,1 МПа (в полтора раза). Поэтому при эксплуатации полых штанг необходимо использование конструкций муфтовых соединений, обеспечивающих искривление оси колонны штанг. Например, шарнирных соединений.

Список литературы

- 1 Латыпов Б.М. Техническое обеспечение устойчивости работы штанговой винтовой насосной установки в малодебитных скважинах, осложненных пескопроявлениями: Дисс. работа на соискание ученой степени кандидата

- технических наук.- Уфа: УГНТУ, 2014. – 133 с.;
- 2 Уразаков К.Р., Латыпов Б.М., Исмагилов Р.Р. Методика расчета штанговых колонн для винтовых насосных установок // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. №4. С.72-94. URL: http://ogbus.ru/issues/4_2015/ogbus_4_2015_p72-94_UrazakovKR_ru.pdf

УДК 622.276.72

СПОСОБЫ ПРОФИЛАКТИКИ АСПО ВНУТРИСКВАЖИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Э.М. Идрисов (ММП21-15-02)

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа

Аннотация. Рассматриваются современные взгляды на состояние проблемы асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) в нефтепромысловом оборудовании и возможные методы ее решения. В работе перечислены основные факторы, влияющие на формирование АСПО. Дан перечень существующих методов предотвращения и удаления АСПО из нефтепромыслового оборудования.

Ключевые слова: асфальтосмолопарафиновые отложения (АСПО), факторы, влияющие на образование АСПО, предотвращения АСПО, удаление АСПО.

Асфальтосмолопарафиновые отложения (АСПО) на внутрискважинном оборудовании серьезно осложняют добычу нефти и приводят к снижению ее объемов. Для некоторых скважин, если не применяются технологии предупреждения образования АСПО, сокращается межочистной и межремонтный периоды их работы. Интенсивное образование АСПО может приводить к полному перекрытию подземных труб и кольцевых каналов в затрубном пространстве, что вызывает необходимость проведения подземных ремонтов в целях депарафинизации скважин. Для предупреждения образования АСПО применяются различные технологии и специальное оборудование: устьевые и глубинные дозаторы реагентов, магнитные аппараты, нагревательные кабельные линии и др. Удаление образующихся в скважинах отложений проводится с помощью скребков и с помощью промывок теплоносителями и углеводородными растворителями [1-3].

Способы предотвращения АСПО можно разделить на четыре вида: тепловые, физические, химические и антиадгезионные [4,5].

Способы удаления АСПО можно разделить на три вида: тепловые, механические и химические [4,5].

К мероприятиям по предотвращению относятся: применение гладких защитных покрытий; химические методы (смачивающие, модификаторы,

депрессаторы, диспергаторы); физические методы (вибрационные, ультразвуковые, воздействие электрических и электромагнитных полей) [9-11].

К удалению АСПО относятся тепловые методы (промывка горячей нефтью или водой в качестве теплоносителя, острый пар, электропечи, индукционные подогреватели, реагенты при взаимодействии с которыми протекают экзотермические реакции); механические методы (скребки, скребки-центраторы); химические (растворители и удалители) [9-11].

Борьба с АСПО в процессах добычи нефти ведется по двум направлениям: предотвращение отложений и удаление уже сформировавшихся отложений. Выбор оптимальных способов борьбы с асфальтосмолопарафиновыми отложениями и эффективность различных методов зависит от многих факторов, в частности, от способа добычи нефти, термобарического режима течения, состава и свойств добываемой продукции [6-10].

Таким образом изучение способов профилактики и борьбы с образованием АСПО актуальная проблема для нефтегазовой отрасли.

Список литературы

- 1 Аметов И.М., Байдилов Ю.Н., Рузин Л.М. и др. Добыча тяжелых и высоковязких нефтей / М.: Недра. 1985. С.240.
- 2 Адонин А.Н. Добыча нефти штанговыми насосами. - М.:Недра,1979. С.213.
- 3 Балакиров Ю.А. Гегельская Н.В., Слепян Е.А. и др. Добыча высоковязких нефтей скважинными штанговыми насосами. / Нефтяное хозяйство, 1981. №7. С.64-66.
- 4 Антонова Е.О., Крылов Г.В., Прохоров А.Д., Основы нефтегазового дела: – М.: 2003.– 307 с.
- 5 Ивановский В.Н. и др. Оборудование для добычи нефти и газа. – М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2002.
- 6 Снарев А.И. Расчеты машин и оборудования для добычи нефти и газа: Учебное пособие . – 2-е изд., доп. – Самара: СГТУ, 2001 г. – 127 с.
- 7 Молчанов А.Г., Чичеров А.Г. Нефтепромысловые машины и механизмы”. – Москва: Недра, 1976. – 464 с.
- 8 А.И Булатов, Г.В. Кусов, О.В. Савенок Асфальто-смоло-парафиновые отложения и гидратообразования: предупреждение и удаление
- 9 Гребнев А.Н. Асфальтосмолопарафиновые отложения Вынгапуровского месторождения нефти/ Гребнев А.Н., Землянский Е.О., Агаев С.Г.// Нефть и газ Западной Сибири: материалы всероссийской научно-технической конференции. Тюмень: ТюмГНГУ. - 2007. -Т. 1. - 320с. С. 292-295.
- 10 Агаев С.Г. Парафиновые отложения в условиях добычи нефти и депрессорные присадки для их ингибирования/ Агаев С.Г., Землянский Е.О., Гребнев А.Н., Гулятьев СВ., Яковлев Н.С. // Журнал прикладной химии. - 2006. - Т.79. - вып. 8. - С. 1373 - 1378.
- 11 Землянский Е.О. Ингибиторы парафиновых отложений бинарного

- действия/ Землянский Е.О., Гребнев А.Н., Халин А.Н., Агаев С.Г.// Нефть и газ Западной Сибири: материалы всероссийской научно-технической конференции. Тюмень: ТюмГНГУ. - 2007. -Т.1. - 320с.
- 12 Ахияров Р.Ж. Практическое использование аппаратов магнитогидродинамической обработки для повышения эффективности ингибиторов коррозии. // Нефтепромысловое дело. – М.: изд. ОАО ВНИИОЭНГ, 2008. № 9. – С. 61-65.
- 13 Исследование аномально низкой коррозионной стойкости трубной стали теплообменной аппаратуры для нефтепереработки / Ахияров Р.Ж., Лаптев А.Б., Мовенко Д.А., Белова Н.А. // Нефтяное хозяйство. – Москва: ЗАО «Издательство «Нефтяное хозяйство», 2016. №1. – С.39-42.
- 14 Nanotechnologies fighting against corrosion and other complications in extraction and transportation of water-cut oil. / Dmitry Bugay, Rustem Akhiyarov, Anatoly Laptev // EUROCORR-2010: The European Corrosion Congress. –М.: МАКС Пресс., 2010. С. 405.

УДК 622.276.6

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ВИБРОВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ ПЛАСТА (ПЗП)

Е.С. Назарова (ММП21-14-01)

*ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический
университет», г. Уфа*

Аннотация. Одной из основных задач нефтегазодобывающей отрасли на современном этапе является продление срока эксплуатации месторождений с использованием различных методов восстановления проницаемости прискважинной зоны пласта (ПЗП) с целью повышения нефтегазоотдачи добывающих и приемистости нагнетательных скважин. Депрессионно-волновое воздействие на ПЗП позволяет эффективно решать эту задачу.

Ключевые слова: депрессия, волновое воздействие, струйный насос, пакер, колтюбинг, автономный манометр.

Повышение нефтеотдачи добывающих и приемистости нагнетательных скважин имеет важное значение для предприятий нефтегазового комплекса страны.

Известны несколько устройств воздействия на ПЗП, к которым можно отнести гидродинамические скважинные генераторы пружинно-клапанного и роторного типов, имплозионная камера, гидровакуумная желонка, струйный насос с пакером УПН 56-73. Устройство УПН 56-73 позволяет осуществлять виброволновое воздействие на пласт совместно с химической обработкой, работая в колонне НКТ, спуск в скважину осуществляется на бесшовных длинных трубах (БДТ) колтюбингового комплекса [1-4].

Важной задачей при обработке ПЗП является контроль за параметрами депрессии создаваемой устройствами. Эта задача решается введением в комплект УПН 56-73 преобразователя давления и температуры измерителя автономного – АМТ-08, который устанавливается в контейнере нижнего приемного фильтра. Иллюстрация контроля за изменением давления, времени воздействия на пласт представлен на рисунке 1.

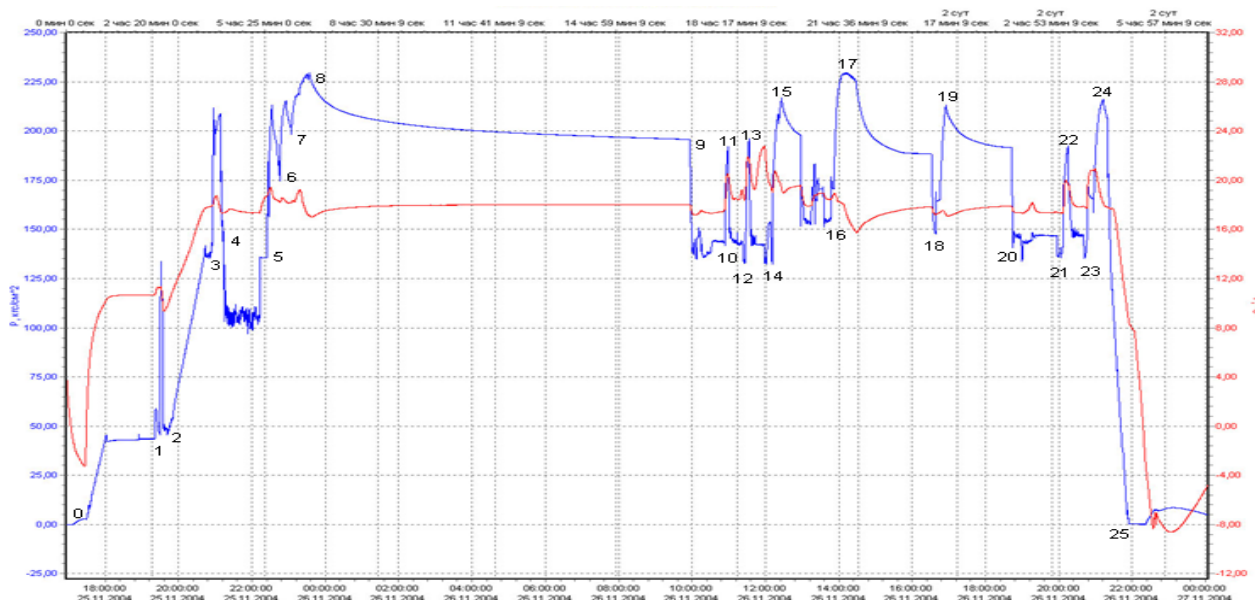


Рисунок 1 – График изменения забойного давления на глубине 1340 м. скважины № 423 Ардатовской площади

Гидродинамический расчет работы УПН 56-73-1 исходя из ожидаемого дебета продуктивного пласта (пассивной среды) $Q_{пл}=0,00075 \text{ м}^3/\text{с}$ при необходимом расходе промывочной жидкости (активной среды) находится по формуле (1):

$$Q_p = \frac{\Delta P_c \cdot Q_{пл}}{\Delta P_p \cdot \eta}, \quad (1)$$

где ΔP_c – понижение давления, создаваемого насосом;
 ΔP_p – перепад давления активной среды на входе струйного насоса;
 η – к.п.д. струйного насоса.

$$Q_p = \frac{9 \cdot 10^6 \cdot 0,00075}{13 \cdot 10^6 \cdot 0,25} = 0,002 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Общий расход восходящего потока жидкости в концевом надпакерном пространстве находится по формуле (2):

$$Q_{об} = Q_p + Q_{пл} \quad (2)$$

$$Q_{об} = 0,002 + 0,00075 = 0,00275 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Технология позволяет проверять приеминость пласта без дополнительных спуско-подъемных операций (СПО).

Список литературы

- 1 А.с. 1762602 СССР, кл. Е 21 В 43/25. Способ раскольматации зафиль-
трового пространства скважин и устройство для его осуществления/
Н.А. Шамов - Заявлено 18.09.89; Бюл. № 34, 1992.- 3 с.
- 2 Назаров С.В. Разработка технического обеспечения и методов контроля
процесса гидромеханической щелевой перфорации: дис. ... канд. техн.
наук/ Назаров Сергей Викторович. - Уфа, 2005 – 96 с.
- 3 Ямалиев В.У., Ишемгузин И.Е. Диагностирование бурового и
нефтепромыслового оборудования. Учебное пособие, Уфа: УГНТУ,
2000 - 83с.
- 4 Назаров С.В., Мурзагулова Е.А., Назарова Е.С. Методы контроля тех-
нического состояния устройств для вторичного вскрытия пласта. / Сб.
трудов Всерос. науч.-технич. конф. с междунар.участием. – УГНТУ,
Уфа, 2015. С. 144-146.

Научное издание

**РОЛЬ МАТЕМАТИКИ
В СТАНОВЛЕНИИ СПЕЦИАЛИСТА**

**Материалы
Всероссийской научно-методической конференции**

Материалы публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 10.06.2016. Бумага офсетная.

Формат 60х84 1/16.

Гарнитура «Таймас». Печать трафаретная. Усл. печ. л. 7,0.

Тираж 50. Заказ 85.

Издательство

Уфимского государственного нефтяного технического университета

Адрес издательства:

450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.