

## **НЕФТЕГАЗОВОЕ ДЕЛО КАК ИНТЕГРАТОР ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУЧНЫХ И УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН**

Каримов М.Ф.

*Бирская государственная социально-педагогическая академия*

*Выделена интегративная межпредметная роль нефтегазового дела в научном и учебном познании и преобразовании действительности. Нефтегазовое дело охарактеризовано как источник актуальных научно-технических проблем, решаемых средствами математики, физики и химии настоящими и будущими исследователями природы и создателями новой техники. Обоснована дидактическая эффективность изучения основ нефтегазового дела во всех высших учебных заведениях для формирования и развития у студентов научного мировоззрения и методологических подходов к исследованию и изменению объектов, процессов и явлений окружающего нас мира.*

Научно-технический и социально-экономический прогресс, имевший место в нашей стране в середине второй половины двадцатого века, стал возможным благодаря своевременному развитию теоретических и практических основ нефтегазового дела в бывшем Советском Союзе [1].

И в настоящее время нефть и газ, являющиеся природной смесью простых и сложных углеводородных соединений с различными неорганическими и органическими веществами, добываемые из недр земли от Поволжья до Сахалина пока в достаточном объеме, составляют основу экономического благополучия нашей страны и обеспечивают необходимые условия для развития в ней науки и новых технологий [2].

В связи с этим каждый гражданин России ежедневно знакомится в той или иной степени подробности с информацией о состоянии и развитии нефтегазового дела на территории нашей страны и за её рубежами.

Учебное изучение действительности, проектируемое и реализуемое в средней и высшей школе, и научное познание и преобразование объектов, процессов и объектов, организуемое в отраслевых и академических институтах нашей Родины в различной степени связано с проблемами успешного развития нефтяной, нефтехимической и газовой отраслями промышленного производства.

Нефтегазовое дело, являющееся основой трудовой и творческой деятельности значительной части взрослого населения нашей страны, обеспечивающее её

экономическую независимость и оборонную мощь, служит объективным интегратором естественно-математических научных и учебных дисциплин, изучаемых, применяемых и развиваемых в системе «образование – наука - производство».

Естественно-математические науки обеспечивают теоретическую основу при постановке и решении актуальных проблем нефтегазового дела в области геологии поиска, разведки и разработки нефтегазовых месторождений [3], повышения степени извлечения углеводородного сырья [4], новейших технологий транспортировки нефти и газа [5], совершенствования топливных схем с неглубокой и глубокой переработкой нефти [6], улучшения технологий переработки природного и попутного газа, повышения качества продукции органического синтеза, выпускаемой на основе нефти и газа, экономики нефтегазового комплекса [7].

Математика фундаментальная и прикладная, элементарная и высшая, ориентированная на повышение уровня математического моделирования нефтегазовых объектов, процессов и явлений у будущих и настоящих исследователей и преобразователей природной и технической действительности, включает, на наш взгляд [8], в свое учебное содержание следующие разделы и темы:

**- в области теории и систем действительных и комплексных чисел** – основные математические модели теоретической и прикладной арифметики, теорема К.Геделя (1906-1978) о неполноте формальной системы арифметики, проблемы Х.Гольдбаха (1690-1764) и П.Ферма (1826-1866) в теории чисел, степени, корни, логарифмы, суммы, произведения и факториалы с соответствующими обозначениями, имеющими собственную историю, арифметическая и геометрическая прогрессии, различные формы представления в системе комплексных чисел, размещения, сочетания, перестановки, формулы комбинаторики и бинома И.Ньютона (1643-1727), матрицы и определители второго, третьего и произвольного целочисленного порядка, алгоритм или правило П.Саррюса (1798-1858) для вычисления определителя третьего порядка, алгебраические уравнения и их корни, алгоритмы Ф.Виета (1540-1603) для решения уравнения второй, Н.Тарталья (1500-1557) и Дж.Кардано (1501-1576) для решения уравнения третьей и Л.Феррари (1522-1565) для решения уравнений четвертой степеней, разложение многочленов на множители и деление многочленов, теорема Э.Безу (1730-1783) об остатке от деления многочлена на двучлен, простые алгоритмы решения сис-

тем однородных и неоднородных линейных уравнений с двумя и тремя неизвестными, постановка и решение задач нефтегазового дела средствами арифметики и элементарной алгебры;

- в области высшей алгебры и аналитической геометрии - аксиоматический или дедуктивный метод математики, аксиомы и теоремы геометрии Евклида (III в. до н.э.), геометрические преобразования прямоугольной системы координат Р.Декарта (1596-1650), предмет и основные задачи линейной алгебры, основные положения или модели матричной алгебры, определители матриц и их свойства, теория алгебры матриц, построенная А.Кэли (1821-1895), значение теоремы П.Лапласа (1749-1827) для вычисления определителя квадратной матрицы  $n$ -ого порядка, обратная матрица и её свойства, системы линейных алгебраических уравнений, значение теоремы Г.Крамера (1704-1752) для определения единственного решения системы  $m$  линейных уравнений с  $n$  переменными, метод К.Ф.Гаусса (1777-1855) для решения системы линейных неоднородных алгебраических уравнений, ранг матрицы и его свойства, значение теоремы Л.Кронекера (1823-1891) – А.Капелли (1855-1910) для определения решений системы  $n$  линейных алгебраических уравнений с  $n$  неизвестными, численные методы линейной алгебры, базис и размерность линейных пространств, векторные пространства, евклидовы пространства, линейные преобразования и их матрицы, собственные векторы и собственные значения линейных операторов, коммутативная и некоммутативная алгебры, сумма и пересечение подпространств, прямые суммы, билинейные и квадратичные формы, приведение квадратичной формы к нормальному виду, прямая линия на плоскости и плоскость в пространстве как объекты аналитической геометрии, уравнение прямой линии на плоскости и плоскости в пространстве, кривые второго порядка и их уравнения, приведение уравнений линий второго порядка к каноническому виду, представление поверхностей второго порядка (эллипсоидов, гиперболоидов, параболоидов и цилиндров) в аналитической геометрии, теорема Э.Галуа (1811-1832) о неразрешимости в радикалах алгебраических уравнений, начиная с пятой степени, основные системные структуры современной высшей алгебры (группы, кольца, поля, алгебраические системы и линейные представления групп), подгруппы, подкольца, идеалы кольца, факторкольца, кольца главных идеалов, алгебраическая замкнутость поля комплексных

чисел, неприводимые над полем действительных чисел многочлены, основная теорема алгебры, доказанная К.Ф.Гауссом (1777-1855), основные положения и методы неевклидовой геометрии Н.И.Лобачевского (1792-1856), общие методологические вопросы аксиоматики математики, система аксиом Г.Вейля (1885-1955) относительно евклидова пространства, свойства неевклидовых пространств, невозможность формализации математики финитными методами абстрактного мышления;

**- в области дифференциального, интегрального и вариационного исчисления, методов оптимизации** – множество и его элементы, символика в теории множеств, свойства множеств натуральных, целых, рациональных, действительных и комплексных чисел, вклад Г.Кантора (1845-1918) в теорию множеств, особенности конечных и бесконечных множеств, декартово произведение множеств, отношения и отображения, аргументы и функции, элементарные, тригонометрические, гиперболические, эллиптические функции и их свойства, числовые последовательности, предел числовой последовательности и его свойства, сходящиеся и расходящиеся числовые последовательности, теорема Б.Больцано (1781-1848) – К.Вейерштрасса (1815-1897) о выделении сходящейся подпоследовательности из любой ограниченной последовательности, значение неравенства Д.Бернулли (1700-1782) в определении экспоненты, первое и второе определения предела функции в точке, свойства пределов функций, основные замечательные пределы математического анализа, точки непрерывности и точки разрыва функции, свойства функций, непрерывных в точке, определение производной функции в точке, односторонние производные от функции по аргументу, дифференцирование как операция нахождения производной от функции по аргументу, алгоритмы вычисления производных от суммы, разности, произведения и частного функций, производная сложной функции, дифференциал функции в точке, геометрический смысл производной и дифференциала функции, роль И.Ньютона (1643-1727) и Г.В.Лейбница (1646-1716) в создании теории дифференциального исчисления функции одной переменной, теоремы П.Ферма (1601-1665), М.Ролля (1652-1719), Ж.Л.Лагранжа (1736-1813) и О.Л.Коши (1789-1857) о среднем для дифференцируемых функций, раскрытие неопределенностей при нахождении предела функции по алгоритму или правилу Г.Лопиталья (1661-1704), формула Б.Тейлора (1685-

1731) с остаточными членами в представлении Ж.Л.Лагранжа (1736-1813) и Д.Пеано (1858-1932) для замены функции многочленом с точностью до бесконечно малых величин, интерполяция и экстраполяция функции, полиномы П.Л.Чебышева (1821-1894)–Ш.Эрмита (1822-1901), А.М.Лежандра (1752-1833), Э.Н.Лагерра (1834-1886), сферические, радиальные и шаровые функции, определение наибольших и наименьших значений функций, необходимые и достаточные условия экстремума функции одной переменной, алгоритмы исследования поведения функций с определением выпуклости, точек перегиба, асимптот и построением их графиков, область определения функции нескольких переменных, частные производные функции многих переменных в точке, формула полного приращения функции нескольких переменных, полный дифференциал функции многих переменных, производная от сложной функции нескольких переменных по параметру, уравнение касательной плоскости к поверхности, необходимые и достаточные условия экстремума функции нескольких переменных, интегрирование как операция нахождения первообразной для функции, алгоритмы или способы нахождения неопределенного интеграла, интегральная сумма Б.Римана (1826-1866), определенный интеграл как предел интегральных сумм, теорема И.Барроу (1630-1677) о производной определенного интеграла как функции его верхнего предела, формула И.Ньютона (1643-1727) – Г.Лейбница (1646-1716) для вычисления определенного интеграла от функции одной переменной, алгоритмы или методы интегрирования по частям и путем замены переменной в определенном интеграле, алгоритмы или способы интегрирования рациональных, иррациональных и трансцендентных функций, численное интегрирование функций, приложения определенного интеграла в геометрии, механике, физике, химии и экономике, двойные, тройные и кратные интегралы, замена переменных в двойном интеграле с помощью перехода к полярным координатам, формула замены переменных в тройном интеграле, криволинейные интегралы первого и второго типов, Формула Дж.Грина (1793-1841) для установления связи между двойным и криволинейным интегралами, интегралы по поверхности, приложения кратных, криволинейных и поверхностных интегралов в естественно-математических и общетехнических науках, теорема М.В.Остроградского (1801-1861) – К.Ф.Гаусса (1777-1855), устанавливающая равенство интеграла от дивергенции векторного поля по объему по-

току вектора через поверхность, ограничивающую выделенный объем, теорема Дж.Г.Стокса (1819-1903), числовые и функциональные ряды, необходимое и достаточное условие сходимости рядов, признаки сходимости рядов, установленные Ж.Л.Даламбером (1717-1783) и О.Л.Коши (1789-1857), ряд Б.Тейлора (1685-1731) и его приложения в математике, физике, технике и нефтегазовом деле, тригонометрический ряд, сходящийся к рассматриваемой функции, разложение функции в бесконечный ряд и представление её интегралом, ряды и интегралы Ж.Б.Фурье (1768-1830) для периодических и непериодических функций, классические задачи вариационного исчисления, вариации и экстремум функционала, функция, являющаяся решением вариационной задачи и удовлетворяющая уравнению Л.Эйлера (1707-1783), принцип максимума Л.С.Понтрягина (1908-1988), алгоритмы или методы решения задач линейного программирования, приложения симплекс-метода в науке и технике, основные задачи нелинейного программирования, способ минимизации с помощью неопределенных множителей Ж.Л.Лагранжа (1736-1813), метод штрафных функций, многошаговые процессы принятия решений, поток событий, подчиняющийся закону С.Д.Пуассона (1781-1840), приложения методов дифференциального, интегрального, вариационного исчислений и оптимизации к решению задач нефтегазового дела;

- **в области дискретной математики** – числовая возвратная последовательность Л.Фибоначчи (1170-1240), рекуррентные соотношения, рекурсивное определение функций, аналитическая связь алгоритмов и функций, тезис А.Черча (1903-1995), математическая связь рекуррентных функций с аналитическими машинами А.М.Тьюринга (1912-1954), суммы и рекуррентности, целочисленные функции, полиномиальная формула, графы как язык дискретной математики и моделирования действительности, вершины и ребра графов, многообразие возможных графов: блок-схемы, деревья, бифурканты, сети, характеристики ориентированных и неориентированных графов, матрица инцидентности и степени вершины графа, маршруты, цепи и циклы в графах, связные компоненты графа, изоморфизм графов, цепи и циклы в графах согласно Л.Эйлеру (1707-1783) и У.Р.Гамильтону (1805-1865), хроматическое число и класс графа, алгоритм нахождения максимальной клики в графе, способ отыскания оптимального дерева, алгоритм Й.Краскала (р.1928), максимальное паросочетание в двудольном графе,

упорядоченные множества, являющиеся верхней и нижней полуструктурами, аксиоматическое определение структуры, модулярные структуры, дистрибутивные структуры, математическая структуры с дополнениями, структуры, установленные Дж.Булем (1815-1864), лексикографические векторные структуры, задача о красках, постановка и решение задачи о коммивояжере, алгоритм решения транспортной задачи, задача оптимизации сетевого графика, задача о максимальном потоке, задача о кратчайшем пути, автомат – дискретный преобразователь информации, теория И.А.Вышнеградского (1831-1895) об автоматическом регулировании, алфавиты входов, состояний и выходов автоматов, функции переходов и выходов, информационные, управляющие и вычислительные автоматы, минимизация автоматов, интерпретация автоматов, представление событий в автоматах, детерминация источников информации и синтез автоматов, анализ и синтез синхронных и асинхронных сетей из автоматов, программная реализация логических функций и автоматов, вклад В.М.Глушкова (1923-1982) в теорию и практику автоматов, использование достижений дискретной математики в нефтегазовом деле;

**- в области векторного и тензорного анализа** – векторы в пространстве Евклида (III в. до н.э.), сложение и умножение на число векторов, операции над векторами, аксиомы векторной алгебры, линейная зависимость, скалярное, векторное и смешанное произведение векторов, введенные в науку У.Р.Гамильтоном (1805-1865), элементы векторного анализа, рассмотренные Дж.У.Гиббсом (1839-1903), свойства векторной функции скалярного аргумента, скалярные поля, градиент скалярной величины, дивергенция и ротор векторной величины в различных системах координат, следствия теоремы М.В.Остроградского (1801-1861) – К.Ф.Гаусса (1777-1855), приложения теоремы Дж.Г.Стокса (1819-1903) в нефтегазовом деле, свойства векторных полей, поток, расходимость, циркуляция и вихрь в физике, технике, технологиях и нефтегазовом деле, скалярный потенциал безвихревого векторного поля, эквипотенциальные поверхности, векторный потенциал векторного поля, математические основы теории электромагнитного поля Дж.К.Максвелла (1831-1879), потенциальные и соленоидальные поля, основы тензорного анализа, заложенные К.Ф.Гауссом (1777-1855) и Б.Риманом (1826-1866), абсолютные и относительные тензоры, основные операции тензорной алгебры, символы Л.Кронекера (1823-1891) и Т.Леви-Чивита (1873-1941), абсолют-

ное и ковариантное дифференцирование в тензорном исчислении, приемы и способы векторного и тензорного анализа как средства решения задач нефтегазового дела;

**- в области дифференциальных и интегральных уравнений** – постановка физических, технических и экономических задач, приводящих к построению математической модели – дифференциального уравнения, теоремы Ш.Э.Пикара (1856-1941) о существовании и единственности решения дифференциального уравнения, интегральные кривые, изоклины, линейные однородные и неоднородные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами, начальная и краевая задача О.Л.Коши (1789-1857), алгоритмы или методы интегрирования дифференциальных уравнений, метод вариации произвольных постоянных, интегрирование дифференциальных уравнений по методу Л.Эйлера (1707-1783), алгоритмы решения линейных обыкновенных дифференциальных уравнений Ф.В.Бесселя (1784-1846), Г.Вебера (1842-1913), Э.Н.Лагерра (1834-1886), Г.Ламе (1795-1870), П.Лапласа (1749-1827), А.М.Лежандра (1752-1833), Э.Л.Матье (1835-1890), Б.Римана (1826-1866), Э.Т.Уиттекера (1873-1956), М.М.Хилла (1856-1929) и Л.Эйлера (1707-1783), способы решения нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений Я.Риккати (1676-1754), И.Бернулли (1667-1748), Н.Х.Абея (1802-1829), К.Г.Якоби (1804-1851), А.К.Клеро (1713-1765), Ж.Л.Лагранжа (1736-1813) - Ж.Л.Даламбера (1717-1783), Р.Эмдена (1862-1940) – У.А..Фаулера (1911-1995), Г.Дуффинга, Л.Х.Томаса (1903-1967) – Э.Ферми (1901-1954) и П.Пенлеве (1863-1933), метод фазовой плоскости для решения дифференциальных уравнений, системы дифференциальных уравнений, фазовая траектория, изображающая точка и фазовое пространство системы дифференциальных уравнений в нормальной форме, фазовые траектории автономных систем второго порядка, качественное исследование фазового портрета динамической системы согласно алгоритму А.Пуанкаре (1854-1912), устойчивость системы дифференциальных уравнений, устойчивость динамических систем по А.М.Ляпунову (1857-1918), особые точки: устойчивый, неустойчивый и звездообразный узел, устойчивый и неустойчивый фокус, седло и центр, нелинейные дифференциальные уравнения, описывающие интегрируемые и неинтегрируемые динамические системы с регулярными, квазипериодическими и стохастическими траекториями, установленный Э.Н.Лоренцем



динамический хаос, следующий из системы трех обыкновенных нелинейных диссипативных дифференциальных уравнений, не имеющих аналитических решений, особые фазовые траектории: состояния равновесия, предельные циклы и сепаратриса, состояние покоя (точка), предельный цикл для установившихся периодических колебаний и инвариантный тор для квазипериодических движений, примеры простых аттракторов, притягивающих все близкие траектории динамической системы, странный аттрактор как притягивающее множество с необычной геометрической структурой для сложного движения нелинейных диссипативных динамических систем, проявляющих хаотические свойства, фрактальная или дробная размерность странного аттрактора, связь теории нелинейных динамических систем с фрактальными множествами, обладающими масштабной инвариантностью, бифуркации как математические модели явления перехода количественных изменений в качественные, бифуркации – математические модели кинетических фазовых переходов, связь бифуркаций с принципом историзма, бифуркации А.А.Андропова (1901-1952) – Э.Хопфа (1902-1983), бифуркации М.Дж.Фейгенбуама для удвоения периода колебаний, бифуркации рождения тора, бифуркации контуров, составленных из сепаратрис седел в фазовом портрете динамической системы, линейные краевые задачи математической физики, алгоритм решения краевых задач методом функций Дж.Грина (1793-1841), задачи о собственных значениях для дифференциальных уравнений, линейные интегральные уравнения первого и второго родов, интегральные уравнения В.Вольтерра (1860-1940) и Э.И.Фредгольма (1866-1927), интегральные уравнения как модели решения некорректно поставленных задач, методологическая связь краевых задач и задач о собственных значениях с интегральными уравнениями, дифференциальные уравнения с частными производными, математические модели, развитые в линейной теории процессов, уравнение теплопроводности Ж.Б.Фурье (1768-1830), волновое уравнение, уравнение П.Лапласа (1749-1827) для потенциала гравитационного и электрического полей, солитонные решения нелинейных дифференциальных уравнений Кортевега – де Фриза, синус-Гордона, Шредингера, нелинейное уравнение для системы связанных волн в кольцевом резонаторе, нелинейное кинетическое уравнение реакционно-диффузионного типа, основные модели и алгоритмы решения задач в рамках теории потенциала, гармонические функции как

решения дифференциального уравнения П.Лапласа (1749-1827), решения дифференциального уравнения С.Д.Пуассона (1781-1840) как потенциалы неоднородных гравитационных или электрических полей, алгоритмы или методы численного решения дифференциальных уравнений в полных и частных производных, метод К.Рунге (1856-1927) – В.М.Кутты (1867-1944) для приближенного интегрирования системы дифференциальных уравнений, особенности численного интегрирования дифференциальных уравнений в частных производных, способы численного решения нелинейных интегральных уравнений, фундаментальное значение теории дифференциальных и интегральных уравнений для развития нефтегазового дела;

**- в области теории вероятностей и случайных процессов** – математические модели алгебры случайных событий, аксиоматическое построение теории вероятностей А.Н.Колмогоровым (1903-1987), основные теоремы о вероятностях случайных событий, формулы полной вероятности и Х.Байеса (1702-1761), испытания и формула Я.Бернулли (1654-1705), локальная и интегральная предельные теоремы А.Муавра (1667-1754) – П.С.Лапласа (1749-1827), случайные величины, одномерные и многомерные распределения вероятностей случайных величин, биномиальное распределение вероятностей случайной величины, нормальное распределение К.Ф.Гаусса (1777-1855) для вероятностей непрерывной случайной величины, распределение С.Д.Пуассона (1781-1840) для вероятностей дискретной случайной величины, числовые характеристики случайных величин, вычисление математических ожиданий и дисперсий случайных величин, алгоритм или метод Монте-Карло в изучении случайных величин, функции от случайных величин, распределения вероятностей суммы, произведения и частного независимых случайных величин, распределения вероятностей Стьюдента – У.С.Госсета (1876-1937), «хи-квадрат» К.Пирсона (1857-1936) и Р.Э.Фишера (1890-1962) для составных случайных величин, теорема П.Л.Чебышева (1821-1894) о законе больших чисел, центральная предельная теорема теории вероятностей, доказанная А.М.Ляпуновым (1857-1918), стационарные и эргодические случайные процессы, классы случайных процессов, теория случайных процессов А.А.Маркова (1856-1922), гауссовские и пуассоновские случайные процессы, стохастический интеграл и его свойства, представление о спектральном разложении стационарного

случайного процесса, прямое и обратное уравнения А.Н.Колмогорова (1903-1987) для вероятностного описания случайных процессов, описание, объяснение и предсказание объектов, процессов и явлений нефтегазового дела посредством положений и методов теории вероятностей;

**- в области математической статистики** – случайная выборка и генеральная совокупность, выборочные средние и дисперсии, точечная статистическая оценка неизвестных параметров генеральных совокупностей, свойства состоятельности, несмещенности и эффективности выборочных характеристик, алгоритм или метод максимального правдоподобия, метод наименьших квадратов, созданный К.Ф.Гауссом (1777-1855), А.М.Лежандром (1752-1833) и А.А.Марковым (1856-1922), интервальная оценка числовой характеристики случайной величины, доверительный интервал и доверительная вероятность, оценка вероятности случайного события по эмпирической частоте, параметрическая оценка неизвестного закона распределения случайной величины, статистическая гипотеза и алгоритм её проверки, вероятности ошибок первого и второго родов, параметрические методы индуктивной статистики: критерий Стьюдента – У.С.Госсета (1876-1937) для независимых и зависимых выборок, критерий Р.Э.Фишера (1890-1962) – Дж.У.Снедекора (1881-1967), критерий Уилсона–Гилферти, критерий М.С.Бартлетта и У.Дж.Кочрена для проверки статистических гипотез, непараметрические алгоритмы или методы индуктивной статистики: критерий согласия «хи-квадрат», биномиальный критерий, критерий Ф.Вилкоксона, критерий Х.Б.Манна (1898-1979) – Д.Р.Уитни, критерий Б.С.Ястремского (1877-1962), критерий серий в установлении статистически значимых различий в сравниваемых выборках, проверка эмпирических законов распределения вероятностей случайных величин: критерий К.Пирсона (1857-1936), критерий В.И.Романовского (1879-1954), критерий А.Н.Колмогорова (1903-1987), положительно и отрицательно коррелированные случайные величины по А.А.Маркову (1856-1922), формулы корреляционных связей между случайными величинами: коэффициент корреляции К.Пирсона (1857-1936), коэффициент ранговой корреляции К.Э.Спирмена, коэффициент корреляции рангов М.Дж.Кендалла, приложения метода наименьших квадратов в науке, технике, технологиях и нефтегазовом деле, асимптотическая нормальность оценок макси-

мального правдоподобия, внедрение достижений математической статистики в науку, технику и производство согласно методическим рекомендациям А.Н.Колмогорова (1903-1987), алгоритмы компьютерного моделирования случайных величин и процессов, имеющих место в нефтегазовом деле.

Дидактический опыт решения учебных и научных задач нефтегазового дела средствами элементарной и высшей математики показывает, что развитию у будущих и настоящих исследователей и преобразователей природной и технической действительности системно-структурно-функционального подхода больше всего способствует освоение теории чисел, высшей алгебры, дифференциального, интегрального и вариационного исчисления, постижению у обучающихся статистической методологии приводит изучение ими теории вероятностей и математической статистики, повышению уровня синергетической подготовленности у студентов содействует высококачественное знание ими положений и методов теории дифференциальных и интегральных уравнений.

Фундаментальная и прикладная наука – физика предоставляет будущим и настоящим исследователям и преобразователям природной и технической действительности достаточное количество системно – структурно - функциональной, статистической и синергетической информации [9], полученной при постановке и решении задач нефтегазового дела, при прочном освоении обучающимися в системе среднего и высшего образования нижеследующих разделов и тем:

**- в области теоретической и прикладной механики** – физические свойства пространства и времени, близкоедействие и дальноедействие, инерциальная система отсчета, принцип относительности Г.Галилея (1564-1642), взаимодействие тел, аксиомы статики, кинематика и динамика материальной точки, системы частиц, твердого тела и сплошной среды в механике И.Ньютона (1643-1727), принцип детерминизма П.С.Лапласа (1749-1827), классификация связей между элементами механической системы, законы сохранения и изменения механических величин, принцип наименьшего действия У.Р.Гамильтона (1805-1865) - М.В.Остроградского (1801-1861), аттрактор – устойчивое состояние механической системы, управляемые механические системы, теория автоматического регулирования механических систем И.А.Вышнеградского (1831-1895), движение тел в неинерциальной системе отсчета, колебательное движение и резонанс в механи-

ческой системе, дифференциальные уравнения Ж.Л.Лагранжа (1736-1813) и У.Р.Гамильтона (1805-1865) для описания движения несвободных механических систем, сила внутреннего трения между слоями жидкости согласно И.Ньютону (1643-1727), уравнение стационарного движения идеальной жидкости Д.Бернулли (1700-1782), методические подходы Л.Эйлера (1707-1783) и Ж.Л.Лагранжа (1736-1813) к изучению механики жидкостей, уравнения движения несжимаемой вязкой жидкости А.М.Навье (1785-1836) – Дж.Г.Стокса (1819-1903), рождение, увеличение размерности и исчезновение странного аттрактора в механике, модель Э.Н.Лоренца для описания конвективного движения частиц в газах и жидкостях, динамический хаос, приводящий к неравновесным фазовым переходам с диссипативными пространственными, временными и пространственно-временными структурами, ячейки А.Бенара – пример неустойчивости в гидродинамике и диссипативной пространственно-временной структуры, турбулентное течение как цепочка чередующихся, самоорганизующихся вихрей внутри жидкости, стохастическое поведение механических систем, приложение методов теоретической механики к решению задач нефтегазового дела;

**- в области термодинамики и молекулярной физики** – термодинамический подход к описанию тепловых процессов и явлений в природе и технологиях, термодинамическая система как совокупность взаимосвязанных тел физико-химической природы, характеризуемая определенным числом не зависящих друг от друга макроскопических параметров, изолированная термодинамическая система и открытая система, находящаяся в каком-либо взаимодействии с окружающими её телами, первый закон термодинамики или закон сохранения и превращения энергии, второй закон термодинамики, утверждающий, что тепло самопроизвольно не может переходить от тел менее нагретых к телам более нагретым или определяющий направление протекания процессов в природе и технологиях, цикл С.Карно (1796-1832), принцип А.Л.Ле-Шателье (1850-1936), заключающий, что внешнее воздействие на термодинамическую систему, находящуюся в состоянии равновесия, приводит к смещению данного равновесия в направлении, при котором эффект произведенного воздействия ослабляется, энтропия по Л.Больцману (1844-1906), Дж.У.Гиббсу (1839-1903) и К.Э.Шеннону (1916-2001), принцип возрастания энтропии, фазовые переходы первого и второго родов, фазовые перехо-

ды типа «жидкость-кристалл» и «ферромагнетик-парамагнетик», коллективная самоорганизация атомов в кристалле и магнитных моментов атомов в ферромагнетике, связь фазовых переходов второго рода с универсальными законами хаотизации физических, химических и биологических систем, термодинамические свойства реальных газов, жидкостей и твердых тел, уравнение Я.Д.Ван-дер-Ваальса (1837-1923), модель идеального газа, уравнение Б.П.Клапейрона (1799-1864) – Д.И. Менделеева (1834-1907), основное уравнение молекулярно-кинетической теории, вероятностное распределение молекул газа по скоростям в теории Дж.К.Максвелла (1831-1879), молекулярный механизм явлений переноса массы (диффузия), энергии (теплопроводности) и импульса (внутреннее трение), кинетическое уравнение Л.Больцмана (1844-1906) для описания неравновесных процессов, термодинамика и статистическая механика неравновесных процессов согласно И.Р.Пригожину (1917-2003), применение достижений термодинамики равновесных и неравновесных процессов и молекулярной физики в нефтегазовом деле;

**- в области электричества и магнетизма** – система дифференциальных или интегральных уравнений Дж.К.Максвелла (1831-1879) относительно электрических и магнитных полей в вакууме и веществе и её экспериментальное обоснование, открытие М.Фарадеем (1791-1867) явления электромагнитной индукции и его значение для развития техники, технологий и нефтегазового дела, свободные и вынужденные электромагнитные колебания, переменный электрический ток и его применение в народном хозяйстве, индуцированная и ориентационная поляризация диэлектриков, самоорганизация токовых структур в скрещенных электрическом и магнитном полях, классификация веществ по диамагнитным, парамагнитным и ферромагнитным свойствам, функция намагничивания и кривая перемагничивания ферромагнетика, установление А.Г.Столетовым (1839-1896) наличия максимума в кривой зависимости магнитной восприимчивости от напряженности внешнего магнитного поля, явление магнитного гистерезиса, магнитная дефектоскопия металлических конструкций, электромагнитные волны и их свойства, явления интерференции, дифракции, поляризации, дисперсии и поглощения света, теория взаимодействия электромагнитной волны с веществом, использова-

ние низкочастотных и высокочастотных электротехнических устройств в нефтегазовом деле;

**- в области атомной и ядерной физики и теории элементарных частиц** – волновые и квантовые свойства электромагнитного излучения и микрочастиц вещества, одноэлектронный и многоэлектронные атомные системы, решение уравнения Э.Шредингера (1887-1961) для водородоподобного атома, физические основы периодической системы химических элементов Д.И.Менделеева (1834-1907), электронный парамагнитный (ЭПР) и ядерный магнитный (ЯМР) резонансы в веществе, принцип суперпозиции и статистические закономерности в атомной физике, радиоактивность и ядерные реакции, нуклон-нуклонные взаимодействия и свойства ядерных сил, систематика, характеристики, рождение и уничтожение элементарных частиц, фундаментальные гравитационные, электромагнитные, сильные и слабые взаимодействия в природе, нелинейная динамика многокомпонентных теорий поля, структурные уровни организации материи: микро-, макро- и мегамиры, космические циклы, создание единой теории структуры материального мира, приложения спектра гамма-излучения, испускаемого при радиоактивном распаде атомных ядер отдельных химических элементов в нефтегазовом деле;

**- в области физики твердого тела** – аморфные и кристаллические структуры твердых тел, классическая и квантовая статистика носителей электрических зарядов в твердых телах, туннельные эффекты в твердых телах, энергетическая зонная теория свойств кристаллов, систематика твердых по электрическим свойствам: диэлектрики, полупроводники и металлы, магнитное упорядочение кристаллических и аморфных тел, формирование и поведение доменных структур сильномагнитных веществ, полосовые, лабиринтарные и цилиндрические магнитные домены как примеры пространственных структур диссипативной физической системы с метастабильными состояниями, влияние магнитной предыстории на доменную структуру кристаллических и аморфных тел, переход твердого тела из одной кристаллической модификации в другую, спонтанное упорядочение нелинейных хаотических систем в физике твердого тела, применение достижений материаловедения в нефтегазовом деле.

Постановка и решение учебных и научных задач с нефтегазовым содержанием в процессе выполнения студентами лабораторных, курсовых и дипломных работ, аспирантами теоретических и экспериментальных исследований по физике, как показывает наш дидактический опыт, накопленный в вузах Башкирии, способствует повышению уровня их подготовленности по системно-структурно-функциональной методологии познания реальности средствами механики, электричества и магнетизма, по статистическому подходу к исследованию действительности положениями и методами ядерной, атомной и молекулярной физики, по синергетическому анализу объектов, процессов и явлений материального мира посредством познавательных приемов термодинамики и физики твердого тела.

Фундаментальный курс теоретической и экспериментальной химии служит, как показывает опыт высшей школы, эффективным дидактическим средством для развития у будущих исследователей природы и создателей новых технологий знаний, умений и навыков по системно – структурно - функциональной, статистической [10] и синергетической методологии познания и преобразования действительности при постановке и решении простых и сложных задач нефтегазового дела в ходе изучения нижеследующих разделов и тем:

**- в области обработки данных и результатов химического анализа** – этапы и источники погрешностей прямых и косвенных измерений в химическом анализе вещества, абсолютные, относительные, систематические и случайные погрешности в химических экспериментах, генеральная и выборочная совокупности относительно данных и результатов химического анализа вещества, применение законов распределения случайных величин к обработке данных и результатов химического анализа вещества, определение значений математического ожидания и дисперсии случайно распределенной измеряемой химической величины по экспериментальным данным, доверительная вероятность и доверительный интервал в химическом анализе вещества, поиск параметров эмпирической зависимости в химии методом наименьших квадратов, интерполирование и экстраполирование экспериментальной зависимости между химическими величинами, критерии математической статистики в обработке данных и результатов химического анализа вещества, виды химического анализа: изотопный, атомный, структурно-



групповой, молекулярный, вещественный и фазовый, применение методик химического анализа неорганических и органических веществ в нефтегазовом деле;

**- в области качественного и количественного анализа** – системная информация о качественном и количественном составе анализируемого химического объекта, качественный анализ, отвечающий на вопрос о том, из каких составных частей состоит анализируемый образец, структура аналитических процессов и аналитических сигналов, используемых в химии, селективность аналитических химических реакций катионов и анионов в растворах, обнаружение элементов химических соединений путем образования осадков, окрашивания соединений, выделения газа, окрашивания пламени, микрокристаллоскопических реакций, основы физико-химического анализа материальных объектов, метод Н.С.Курнакова (1860-1941) для определения состава вещества по диаграммам зависимости физических свойств от состава химических систем, спектральный анализ вещества, позволяющий обнаруживать сразу десятки химических элементов, рентгеноструктурный и магнитнофазный анализы вещества, задача количественного анализа, состоящая в том, чтобы определить количество и концентрацию тех составных частей, из которых состоят вещества или материалы, основные законы и уравнения количественного анализа: закон П.Бугера (1698-1758)– И.Г.Ламберта (1728-1777) – А.Бера (1825-1863), закон эквивалентов И.В.Рихтера (1762-1807), закон Г.Ома (1787-1854), закон М.Фарадея (1791-1867), закон действующих масс К.М.Гульдберга (1836-1902) – П.Вааге (1833-1900), уравнение Дж.У.Гиббса (1839-1903) – Г.Л.Гельмгольца (1621-1894) и уравнение В.Г.Нернста (1864-1941) – Р.Петерса (1918-1995), гравиметрические, титриметрические, электрохимические, спектрофотометрические, люминесцентные, радиохимические и хроматографические методы количественного анализа вещества, методы рентгеновской, электронной, атомной и молекулярной спектроскопии в аналитической диагностике веществ и материалов, ЭПР-спектроскопия, ЯМР-спектроскопия и масс-спектроскопия в идентификации неорганических и органических соединений, сорбционные и экстракционные способы определения концентрации веществ, применение методов качественного и количественного анализа неорганических и органических веществ в нефтегазовом деле;

**- в области периодической системы химических элементов Д.И.Менделеева (1834-1907)** – основы атомно – молекулярного учения о веществе, созданного Демокритом (460-370 гг. до н.э.), М.В.Ломоносовым (1711-1765), Д.Дальтоном (1766-1844), А.Авогадро (1776-1856) и Д.И.Менделеевым (1834-1907), открывшим один из основных законов природы – периодическую зависимость свойств химических элементов от их атомного веса, модели атома вещества, построенные Д.Д.Томсоном (1856-1940) и Н.Х.Бором (1885-1962), атом как электронейтральная частица, имеющая положительно заряженное ядро и отрицательно заряженные электроны, являющаяся пределом химической делимости материального мира, молекула как наименьшая частица вещества, обладающая его химическими свойствами, химический элемент как определенный вид атомов, характеризующийся одинаковым положительным зарядом ядра, главное, орбитальное, магнитное и спиновое квантовые числа электронов в атоме, строение электронных оболочек атомов, ковалентная, ионная, металлическая и водородная связи между атомами вещества, эмпирические, электронные и структурные формулы химических соединений, объяснение химических связей и структур вещества исходя из вариационных принципов, объяснение образования устойчивых состояний и структур химических систем через механизм самоорганизации природы – возбуждение в среде одной из структур – аттракторов, цель простых объектов и сложных систем неживой природы – достижение устойчивого конечного состояния в виде простого аттрактора на основе принципа наименьшего действия и второго начала термодинамики, электролитическая диссоциация или распад молекул кислот, оснований и солей на ионы, перемещение электронов от одного атома к другому в окислительно-восстановительных реакциях, нелинейные уравнения материальной среды с устойчивыми состояниями в виде спектра элементарных частиц и атомов, описательное, объяснительное и предсказательное значение периодической системы химических элементов Д.И.Менделеева (1834-1907) в нефтегазовом деле;

**- в области химической термодинамики и кинетики** – изучение взаимосвязи между работой и энергией применительно к химическим превращениям посредством принципов и законов химической термодинамики, исследование начального, промежуточных и конечного состояний реагентов и продуктов, обра-

зующихся в химических реакциях, методами химической кинетики, определение скорости химической реакции по уменьшению концентрации исходных веществ или по увеличению концентрации продуктов реакции, химические реакции нулевого, первого и n-го порядков, механизм химической реакции как столкновение в пространстве между отдельными реагирующими частицами, концентрационный и температурный факторы, влияющие на скорость химической реакции, уравнение С.А.Аррениуса (1859-1927), описывающее зависимость константы скорости химической реакции от температуры, обнаружение Н.А.Меншуткиным (1842-1907) зависимости скорости реакций органических соединений от строения реагентов, экзотермические и эндотермические химические реакции, обратимые и необратимые химические реакции, обнаружение К.Л.Бертолле (1748-1822) первой обратной химической реакции, химическое равновесие, оставляющее концентрации исходных веществ и продуктов реакции неизменными, предсказание качественного направления смещения химического равновесия под действием температуры и давления посредством принципа А.Л.Ле-Шателье (1850-1936), возникновение упорядоченности в химических колебательных реакциях, протекающих в хаотическом режиме, длинноволновая бифуркация в химических автоколебательных системах, периодические, сложно периодические, квазипериодические и хаотические концентрационные колебания в химических реакциях типа Б.П.Белоусова (1893-1970) – А.М.Жаботинского (р.1938), роль определенных химических реакций в происхождении нефти в недрах Земли, прикладная роль химической термодинамики и кинетики в повышении эффективности нефтегазового дела;

**- в области химических систем** – первичная химическая система – молекула как наименьшая единица вещества, имеющая структуру и функции, чистое вещество, физические и химические свойства которого не зависят от метода его получения, раствор – гомогенная химическая система, в которой молекулы веществ распределяются равномерно, дисперсные химические системы, образованные из двух или большего числа фаз с сильно развитой поверхностью между ними, эмульсии, состоящие из капель одной жидкости, распределенных в другой жидкости, суспензии – гетерогенные химические системы, состоящие из твердых мелких частиц, равномерно распределенных в жидкости, коллоидные растворы как химические системы с дисперсной фазой в виде мельчайших частиц, не осе-

дающих даже при длительном хранении, гидратация ионов, сильные и слабые электролиты, ионные уравнения химических реакций, катализатор – матрица, осуществляющая сложные коллективные взаимодействия, приводящие к ускоренному объединению атомов в молекулу вещества, процессы самоорганизации, протекающие в неравновесных открытых каталитических системах, гомогенные и гетерогенные каталитические реакции в нефтехимической промышленности, способ Н.Д.Зелинского (1861-1953) для получения бензина при каталитическом расщеплении высококипящих фракций нефти, автокаталитические химические реакции, использование функций химических систем в нефтегазовом деле;

- **в области органической химии** – теория химического строения органических соединений А.М.Бутлерова (1828-1886), классификация органических соединений с помощью трех рядов – алифатические (ациклические), карбоциклические и гетероциклические химические соединения, заместительная и радикально-функциональная номенклатура органических молекул, классификация и механизмы органических реакций, природные нефтяные и газовые источники получения органических соединений, предельные (алканы с общей формулой  $C_nH_{2n+2}$  – метан, этан, пропан, бутан, пентан, гексан, гептан, октан, нонан, декан и т.д.), этиленовые (алкены с общей формулой  $C_nH_{2n}$  – этилен, пропилен, бутилен и т.д.), диеновые (алкадиены с общей формулой  $C_nH_{2n-2}$  – бутadiен, пентадиен и т.д., основные положения теории С.В.Лебедева (1874-1934) по термополимеризации углеводородов типа дивинила (бутадиена)), ацетиленовые (алкины с общей формулой  $C_nH_{2n-2}$  – ацетилен, метилацетилен, этилацетилен, диметилацетилен и т.д.), алициклические (циклоалканы с общей формулой  $C_nH_{2n}$  – циклопропан, циклобутан, циклопентан и т.д.) и ароматические (арены с общей формулой  $C_nH_{2n-6}$  – бензол, толуол, этилбензол и т.д.) углеводороды, предельные одноатомные (метанол, этанол и т.д.), двухатомные (этиленгликоль и т.д.) и трехатомные (глицерин и т.д.) спирты, одноатомный (простейший фенол), двухатомные (гидрохинон, резорцин и пирокатехин) и трехатомный (пироталлол) фенолы, альдегиды (формальдегид, ацетальдегид и т.д.) и кетоны (ацетон и т.д.), имеющие карбонильную группу, связанную с одним и двумя углеводородными радикалами, реакции альдегидов и кетонов со спиртами, приводящие к образованию ацеталей и кеталей, линейная и циклическая полимеризации с участием альдегидов, карбоновые кислоты как

производные углеводов, в которых один или несколько атомов водорода замещены на карбоксильную группу, сложные эфиры (открытие А.Е.Арбузовым (1877-1968) реакции изомеризации эфиров фосфористой кислоты в эфиры алкил-фосфиновых кислот), получаемые при взаимодействии спиртов с карбоновыми и другими кислотами, жиры как смеси сложных эфиров, образованных глицерином и высшими жирными кислотами, получение пищевого маргарина способом гидрогенизации жиров, моносахариды, содержащие альдегидную и кетонную группы, глюкоза как альдегидоспирт, содержащий пять гидроксигрупп, фруктоза как структурный изомер глюкозы, содержащий кетогруппы, молочно – кислое и спиртовое брожения моносахаридов под влиянием микроорганизмов для образования молочной кислоты и этилового спирта, амины как производные аммиака, у которого атомы водорода замещены на углеводородные радикалы, простейший ароматический амин – анилин, служащий основой химического анилиноокрасочного производства (химическая реакция Н.Н.Зинина (1812-1880) для получения анилина при действии сульфида аммония на ароматические нитросоединения), природный газ как дешевое и удобное сырье для получения углеводов с низкой молекулярной массой, удаление из природного газа, состоящего в основном из метана, путем сжижения пропана и бутана, использование газовой сажи в производстве шинной резины, получение спиртов и кислот из углеводов, входящих в состав природного газа, выделение путем перегонки из нефти газовой фракции, содержащей нормальные и разветвленные алканы до  $C_5$  (температура кипения до  $40^\circ C$ ), бензина, содержащего до 20% от общего состава углеводороды  $C_6 - C_{10}$  (температура кипения до  $180^\circ C$ ), керосина, содержащего углеводороды  $C_{11}$  и  $C_{12}$  (температура кипения до  $230^\circ C$ ), легкого газойля, содержащего углеводороды  $C_{13}$  и  $C_{17}$  (температура кипения до  $305^\circ C$ ), тяжелого газойля, содержащего углеводороды  $C_{18}$  и  $C_{25}$  (температура кипения до  $405^\circ C$ ), смазочных масел, содержащих углеводороды  $C_{26}$  и  $C_{38}$  (температура кипения до  $515^\circ C$ ), выделение В.В.Марковниковым (1837-1904) из нефти нового класса циклических насыщенных шестичленных углеводов – нафтеннов, асфальт как остаток после перегонки нефти, крекинг или термодокаталитическое превращения составных частей нефти как основной способ переработки нефти, расщепление углеводов под воздействием высоких температур ( $500-700^\circ C$ ) при термическом крекинге нефте-

переработки, каталитический крекинг составных частей нефти, производимый при высоких температурах и в присутствии катализаторов, образование при крекинге нефти непредельных углеводородов, используемых в промышленном органическом синтезе продуктов нефтехимии, фундаментальная и прикладная роль органической химии в теории и практике нефтегазового дела.

Педагогический опыт преподавания химии с элементами нефтегазового дела как дисциплины предметной подготовки или как часть общекультурной дисциплины «Концепции современного естествознания» во всех высших учебных заведениях показывает, что её учебные и научные задачи служат основой для развития у студентов системно-структурно-функционального (периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева, химические системы и органическая химия), статистического (обработка данных и результатов химического качественного и количественного анализа) и синергетического (химическая термодинамика и кинетика) к познанию и преобразованию действительности.

Анализ и обобщение приведенного выше материала относительно нефтегазового дела как интегратора естественно-математических научных и учебных дисциплин, представляющих вершину духовной культуры человечества и включенных в содержание высшего образования, позволяют сформулировать нижеследующие выводы:

1. Нефтегазовое дело, являющееся предметом трудовой и творческой деятельности значительной части населения России, основой её экономического благосостояния и оборонной мощи, имеет достаточное количество актуальных проблем, интегрирующих естественно-математические научные и учебные дисциплины, изучаемые и развиваемые будущими и настоящими исследователями и преподавателями природной и технической действительности.

2. Математика, имеющая самый высокий уровень абстрагирования от объектов, процессов и явлений реальности, используемая при постановке и решении научных и учебных задач с нефтегазовым содержанием, способствует прочному освоению субъектами познания и преобразования действительности системно-структурно-функционального (теория чисел, высшая алгебра, дифференциальное, интегральное и вариационное исчисления), статистического (теория вероятностей и математическая статистика) и синергетического (теория дифференциальных и

интегральных уравнений) подходов к исследованию природы и созданию новых технологий.

3. Физика, служащая теоретической основой для создания и совершенствования техники и технологий, изучаемая студентами и развиваемая научными сотрудниками при информационном моделировании объектов, процессов и явлений нефтегазового дела, обеспечивает необходимые условия субъектам системы высшего образования для успешного освоения ими системно-структурно-функциональной (механика, электричество и магнетизм), статистической (ядерная, атомная и молекулярная физика) и синергетической (термодинамика и физика твердого тела) методологии познания и преобразования фрагментов материального мира.

4. Химия, являющаяся фундаментальной и прикладной естественно-математической наукой, вносящая значительный вклад в развитие нефтегазового дела, представленная в учебном и научном познании и преобразовании действительности описательно-объяснительно-предсказательными теориями и эффективными экспериментальными методиками, обеспечивает достаточные условия будущим и настоящим исследователям природы и создателям новых технологий для овладения приемами системно-структурно-функционального (периодическая система химических элементов Д.И.Менделеева, химические системы и органическая химия), статистического (обработка данных и результатов химического качественного и количественного анализа) и синергетического (химическая термодинамика и кинетика) моделирования объектов, процессов и явлений действительности.

5. Интегрирующее естественно-математические научные и учебные дисциплины нефтегазовое дело, включаемое своими простыми и сложными системно-структурно-функциональными, статистическими и синергетическими задачами в содержание подготовки будущих исследователей и преобразователей природной и технической действительности, ориентирует молодое поколение на достижение значительных результатов научно-технического и социально-экономического прогресса в нашей стране.

## Литература

1. Шаммазов А.М., Бахтизин Р.Н., Мастобаев Б.Н. и др. История нефтегазового дела в России. – М.: Химия, 2001. – 315 с.
2. Владимиров А.И., Кершенбаум В.Я. Конкурентоспособность и проблемы нефтегазового комплекса. – М.: Изд-во Национального института нефти и газа, 2004. – 637 с.
3. Матвеев Ю.Г. Конструкции и системы смазки опор шарошечных долот. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 1996. – 90 с.
4. Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.М., Бахтизин Р.Н. Моделирование процессов нефтегазодобычи: нелинейность, неравновесность, неопределенность. – Ижевск: Изд-во Института компьютерных исследований, 2005. – 367 с.
5. Кутуков С.Е. Информационно-аналитические системы магистральных трубопроводов. – М.: СИП РИА, 2002. – 324 с.
6. Гимаев Р.Н., Кузеев И.Р., Абызгильдин Ю.М. Нефтяной кокс. – М.: Химия, 1992. – 74 с.
7. Ванчухина Л.И., Родионова Л.Н., Шайнурова А.А. Организационно-экономическое обеспечение надежности функционирования промышленных систем. – Уфа: Фонд содействия развитию научных исследований, 1997. – 179 с.
8. Каримов М.Ф. Историческое содержание вузовских математических дисциплин // История науки и техники. – 2006. - № 1. – С. 54 – 66.
9. Каримов М.Ф., Кандаурова Г.С. Влияние магнитной предыстории на доменную структуру аморфных пленок Gd-Co различного состава // Физика металлов и металловедение. – 1981. – Т. 51. – Вып. 3. – С. 663 – 666.
10. Каримов М.Ф. Основные функциональные возможности системы электронных таблиц Excel для обработки данных химического эксперимента // Башкирский химический журнал. – 2006. – Т. 13. - № 4. – С. 51 - 54.