

## МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

**Е. Н. Еремин, Г. Н. Миннеханов, Р. Г. Миннеханов**

Повышение качества литого металла запорной арматуры комплексным модифицированием дисперсными инокуляторами

Рассмотрена проблема повышения качества стальных отливок деталей трубопроводной арматуры, полученных электрошлаковым литьем. Предложен комплексный подход к подготовке расплава при электрошлаковом литье, включающий его глубокое раскисление добавкой, содержащей редко-земельные металлы, и ввод модифицирующего комплекса, содержащего нанодисперсные частицы пироуглерода, что формирует в структуре мелкодисперсную ферритно-перлитную структуру, с мелкими глобулярными неметаллическими включениями, расположенными в осях дендритов. Это позволяет изготавливать отливки из широкого класса сталей с высоким уровнем хладостойкости.

**Ключевые слова:** трубопроводная арматура, электрошлаковое литье, нанодисперсные частицы, модифицирование, структура, механические свойства, хладостойкость.

**П. В. Литвинов, В. Р. Ведрученко, В. А. Борисов, А. В. Штиб**

Оценка работоспособности двигателя внутреннего сгорания с критериями диагностирования для испытания модифицированных поршней в лабораторных условиях

Диагностическая практика показывает, что конструкция двигателя и его систем усложняется при повышении его экологической безопасности. При этом необходимые в данном случае диагностику и испытания, зачастую, сложно проводить на автомобильном двигателе в условиях реальной эксплуатации. Эти требования относятся к испытанию поршней, модифицированных каталитическими покрытиями. Условия их испытания, критерии диагностики и работоспособности рассмотрены в данной статье.

**Ключевые слова:** диагностика, каталитические покрытия, достоверность, ошибки, двигатель внутреннего сгорания.

**Д. Д. Примак, И. А. Волков, В. Б. Масягин**

Применение геометрических моделей при анализе размерных параметров соединений на основе прямой задачи кинематики роботов

Моделирование сборочного процесса является важным этапом разработки изделия и сборки модели, которая является базовой в анализе свойств и конструировании изделия. Целью данной работы является получение количественных характеристик размерных параметров соединений с привязкой к системе координат при моделировании сборочного процесса и последующей визуализацией в программе Excel геометрических моделей деталей и их соединения, посредством адаптации математического аппарата, используемого в кинематике роботов для решения задач актуальных в процессе моделирования и анализе сборочного процесса.

**Ключевые слова:** размерный анализ, геометрическая модель, прямая задача кинематики роботов, сборка.

**С. В. Бирюков, А. С. Колмогоров, С. С. Колмогорова**

Взаимодействие проводящей поверхности цилиндрического датчика с электрическим полем равномерно заряженной прямолинейной нити, параллельной оси цилиндра

В статье приводится расчет поверхностной плотности электрического заряда, индуцированного на проводящей поверхности корпуса или чувствительных электродов электроиндукционного датчика напряженности электрического поля цилиндрической формы. Встречающиеся в научной литературе выражения для плотности зарядов направлены на решения электротехнических задач и требуют адаптации к решению задач по расчету электроиндукционных датчиков. Поэтому задачей данной статьи является получение пригодных для расчетов электроиндукционных датчиков зависимостей плотности зарядов индуцированных на проводящей цилиндрической поверхности корпуса датчика от геометрических параметров электрического поля и датчика. Проведенные математические исследования позволили установить зависимости поверхностной плотности электрического заряда для случая проводящего цилиндра в поле линейного заряда. Указанные зависимости проанализированы и подтверждена их достоверность. Результатом является полученная новая форма представления поверхностной плотности электрического заряда, индуцированного на боковой поверхности проводящей цилиндра

**Ключевые слова:** электрическое поле линейного заряда, линейный заряд, метод изображений, заряженная нить, плотность электрического заряда, датчик, чувствительный электрод.

**В. С. Климаш, А. В. Петухов**

Электропривод с общим выпрямителем и индивидуальными инверторами для асинхронных электродвигателей деревообрабатывающей линии Амурского лесокombината

В статье рассматривается система электропитания электропривода деревообрабатывающей линии. Особенностью электропривода является способ подключения автономных инверторов к источнику постоянного тока через общее звено постоянного напряжения. Результатом от применения системы электропитания является экономия электроэнергии за счёт исключения из схемы тормозных резисторов и нормализация теплового режима в электронной системе управления. Приведены результаты исследования физических процессов, полученные в процессе имитационного моделирования модели электропривода.

**Ключевые слова:** преобразователи частоты, общий выпрямитель, индивидуальные автономные инверторы для асинхронных электродвигателей, двигательные режимы и режимы генераторного торможения, общее звено постоянного напряжения.

**В. В. Харламов, Ю. В. Москалев, В. С. Лысенко**

Повышение эффективности использования трехфазных асинхронных электродвигателей при питании от однофазной сети

В статье рассмотрена схема включения трехфазного асинхронного двигателя в однофазную электрическую сеть. Схема позволяет обеспечить симметричную трехфазную систему напряжений на обмотке статора. Цель исследования заключалась в определении законов изменения токов двух реактивных фазосдвигающих элементов, обеспечивающих симметрию напряжения, в зависимости от скольжения асинхронного двигателя. В работе приведены

расчетные выражения для определения проводимостей фазосдвигающих элементов по известным параметрам электрической машины. В результате расчета было определено, что ток одного фазосдвигающего элемента должен иметь емкостный характер во всем диапазоне изменения скольжения двигателя, другого – емкостный или индуктивный.

**Ключевые слова:** трехфазный асинхронный двигатель, однофазная сеть, фазосдвигающий элемент, трехфазное напряжение, реактивный ток.

**А. А. Комяков, А. В. Пономарев, В. В. Эрбес**

Разработка программного комплекса для определения эффективности энергосберегающих устройств и технологий в производственном процессе предприятия

Статья посвящена разработке программного модуля, позволяющего выполнять непрерывный мониторинг энергоэффективности производственного процесса, а также определять фактическую эффективность применения внедряемых электроустановок, современных энергосберегающих устройств и технологий на основе нечетких нейросетевых моделей производственного процесса. Программный модуль реализует статистическую обработку данных об электропотреблении и объемах выполненной работы, и удобные механизмы по работе с нейросетевыми моделями технологического процесса.

**Ключевые слова:** энергоэффективность производственного процесса, энергосбережение, нечеткие нейронные сети, корреляционный анализ.

**А. Г. Михайлов, О. В. Вдовин, Е. Н. Слободина**

Процессы теплообмена в объеме жаротрубного котла с неводяным теплоносителем

В статье предложено решение проблем, связанных с высокотемпературным нагревом. Приведены основные преимущества высокотемпературных теплоносителей. Дано описание конструкции жаротрубного котла и его основных составляющих (топки и конвективного пучка). Рассмотрен процесс работы жаротрубного котла. Описана методика теплового расчета котла в соответствии с нормативным методом. Дана характеристика свободной и вынужденной конвекции и критериям, описывающим эти процессы. Представлены критериальные уравнения, характеризующие теплообмен при вынужденной и свободной конвекции для жаротрубного котла. По результатам расчетного эксперимента, построены графики зависимости безразмерной величины при свободной и вынужденной конвекции от температуры теплоносителя.

**Ключевые слова:** высокотемпературный теплоноситель, жаротрубный котел, свободная конвекция, вынужденная конвекция, критерий Нусельта, неводяной теплоноситель.

**Д. Ю. Руди**

Проблема качества электроэнергии судовых электроэнергетических систем

В статье описаны проблемы качества электроэнергии судовых электроэнергетических систем. Приведена актуальность данной проблемы. Значимость этой проблемой возростала непосредственно совместно с развитием водного транспорта. Объекты технического флота судовых энергосистем особо подвержены влиянию кондуктивных электромагнитных помех. Сравнительный анализ, приведённый в статье по показателям качества электроэнергии различных стандартов, показывает наличие различий требований, что приводит простоям в работе, нарушению научно-технического процесса, браку продукции. Вопрос решения

научно-технической задачи для повышения качества функционирования электроэнергетики судовых электроэнергетических систем до сих пор не решён, что вызывает определённые сложности в обнаружении проблемы своевременно.

**Ключевые слова:** проблемы судовых электроэнергетических систем, проблема электромагнитной совместимости, кондуктивная электромагнитная помеха, показатели качества электроэнергии.

**А. Д. Дубкова, С. Ю. Долингер**

Методы спектрального анализа в системе управления дугогасящего реактора

В статье рассмотрен способ автоматической подстройки регулируемого дугогасящего реактора, использующий переходную характеристику контура нулевой последовательности распределительной сети для определения собственной частоты и параметров контура. В данном способе используется вейвлет-преобразование и непараметрический анализ для определения собственной частоты контура нулевой последовательности. Представлены результаты работы способа автоматической подстройки дугогасящего реактора при использовании различных алгоритмов непараметрического анализа при определении собственной частоты.

**Ключевые слова:** система управления, дугогасящий реактор, вейвлет-анализ, алгоритм Берга.

**В. А. Копырин**

Повышение эффективности использования электроэнергии погружным оборудованием высокодебитных скважин

Целью статьи является обсуждение технико-экономических вопросов целесообразности внедрения внутрискважинных компенсаторов реактивной мощности на нефтяных месторождениях с действующими высокодебитными скважинами. Приведены фактические и расчетные параметры энергопотребления рассматриваемых установок электроцентробежных насосов до и после компенсации реактивной мощности внутри скважины. Установлено, что положительный энергетический эффект от внедрения внутрискважинных компенсаторов варьируется от 3,2 до 8,2 % за счет уменьшения потерь электроэнергии в электротехническом комплексе установок.

**Ключевые слова:** внутрискважинный компенсатор реактивной мощности, нефтедобывающая скважина, высокодебитные скважины, установка электроцентробежных насосов, энергия.

**Н. М. Зайцева**

Модель асинхронного электродвигателя с учетом насыщения его магнитной системы на основе метода Такаги–Сугено

Современные регулируемые асинхронные электроприводы по векторному типу управления осуществляют регулирующее воздействие на двигатель с помощью встроенных программируемых микропроцессоров, позволяющих реализовывать весьма сложные алгоритмы управления двигателями.

В связи с этим в статье рассмотрена модель, построенная на основе математического описания процессов в асинхронной машине с учетом насыщения ее магнитной системы. При

этом, нелинейность характеристики намагничивания реализована посредством метода, предложенного японскими учеными Т. Такаги и М. Сугено.

В статье приводятся разработанные для каждого из двух выделенных интервалов значения модуля вектора намагничивания соответствующие функции принадлежности, а также вид функций-заклучений, с помощью которых реализуется кривая намагничивания. Процесс моделирования выполнялся посредством среды MATLAB Simulink. Статья содержит графическую интерпретацию двух моделей асинхронного короткозамкнутого двигателя с учетом насыщения магнитной системы, совмещенных по времени. При этом, в одной модели учет насыщения выполняется с помощью полинома шестой степени, а в другой – с помощью нечеткого метода Такаги–Сугено. Алгоритмы, выполняющие учет насыщения, реализованы средствами языка программирования Си.

Простота реализации предлагаемого алгоритма позволяет рекомендовать его применение при программировании микропроцессоров, управляющих асинхронными электроприводами. Показано, что управление современными асинхронными электроприводами должно строиться на более адекватной модели, учитывающей насыщение магнитной системы двигателя, которое достаточно просто реализуется с помощью нечеткого логического вывода Такаги–Сугено.

Показано, что энергоэффективное управление современных асинхронных электроприводов должно быть основано на более адекватной модели, учитывающей насыщение магнитной системы двигателя, что хорошо реализуется с помощью нечеткого логического вывода Такаги–Сугено.

**Ключевые слова:** модель, асинхронный электродвигатель, насыщение магнитной системы, функции принадлежности, нечеткая логика, нечеткий логический вывод.

## **ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ**

**В. В. Болотов, К. Е. Ивлев, Е. В. Князев, И. В. Пономарева**

Формирование и структурные исследования интегрированных мембран на основе канального кремния

Предложен способ получения структур для интегрированных мембран на основе канального кремния.

В работе рассмотрены особенности формирования сквозных каналов в электронном кремнии в зависимости от состава электролита, концентрации носителей заряда и режимов анодного травления. Показано, что при использованных режимах формируются пористые структуры в форме «бутылочных горлышек». Установлено, что в электролите состава HF: C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH для получения пористых слоев толщиной более 100 мкм необходимо прерывать процесс анодного травления, что обусловлено особенностями порообразования. Для электролита состава HF:(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO продолжительность травления может быть более длительной, что связано с более высокой растворимостью водорода в ацетоне по сравнению с изопропанолом. Средний диаметр пор в данном электролите растет более медленно с глубиной по сравнению с использованием электролита HF:C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH. Данный эффект можно объяснить облегчением диффузии в структурах не только водорода, но и ионов фтора.

**Ключевые слова:** пористый кремний, растровая электронная микроскопия, мембраны.

**В. В. Болотов, В. А. Сачков**

Влияние вандерваальсова взаимодействия на электронную структуру спаренных графеновых плоскостей

Работа посвящена изучению влияния вандерваальсова взаимодействия на электронные свойства спаренных графеновых плоскостей. Произведены расчеты «ab initio» ширины запрещенной зоны, в зависимости от вандерваальсова взаимодействия, которое варьировалась путем сдвига одной плоскости относительно другой. Исследованы условия формирования запрещенной зоны в зонной структуре спаренных графеновых плоскостей при вандерваальсовом взаимодействии. Полученные результаты применимы для анализа зонной структуры многостенных углеродных трубок, содержащих дефекты.

**Ключевые слова:** наносенсорика, углеродные нанотрубки, двухслойный графен, зонная структура, точечные дефекты, «ab initio».

**Н. А. Давлеткильдеев, Д. В. Соколов, В. В. Болотов**

Газочувствительные свойства индивидуальных наноструктур на основе функционализированных многостенных углеродных нанотрубок и оксидов металлов

С помощью методов сканирующей силовой микроскопии исследованы газочувствительные свойства индивидуальных композитных наноструктур на основе многостенных углеродных нанотрубок, функционализированных ионами аргона, и декорированных оксидами олова и титана. Определены величины сдвига уровня Ферми и изменения продольной электрической проводимости при адсорбции молекул аммиака и диоксида азота. Показано, что изменение величины проводимости композитных наноструктур при экспозиции в газах коррелирует с изменением положения уровня Ферми в результате изменения концентрации носителей заряда в приповерхностных слоях металлооксидного компонента в процессе адсорбции молекул газов.

**Ключевые слова:** углеродные нанотрубки, оксид олова, оксид титана, композитные наноструктуры, проводимость, уровень Ферми, газовая чувствительность.

**Н. А. Давлеткильдеев, Д. В. Соколов, Е. А. Зимбович, Е. Ю. Мосур, И. А. Лобов**

Изучение процесса переноса заряда в системе «гемоглобин-электрод» на уровне индивидуальных молекул

Методом проводящей атомно-силовой микроскопии исследован процесс переноса электронов через индивидуальную молекулу гемоглобина (Hb). Показано, что ток через молекулу Hb возникает при силе прижатия зонда 45 нН, при этом высота деформированной молекулы над подложкой, согласно полученным оценкам, составляет 4,5 нм. На основе анализа экспериментальных вольт-амперных характеристик контакта зонд/Hb/подложка с использованием транспортной модели нерезонансного туннелирования определены параметры туннельного электронного транспорта через индивидуальную молекулу Hb.

**Ключевые слова:** гемоглобин, проводящая атомно-силовая микроскопия, электронный транспорт, нерезонансное туннелирование.

**С. Н. Поворознюк, В. Е. Росликов**

Модифицирование пористого кремния с использованием импульсного ионного пучка наносекундной длительности

Исследовано влияние воздействия импульсного ионного пучка наносекундной длительности на морфологию, химический состав, электронную структуру пористого кремния. Исследовалась газовая чувствительность исходных и облучённых образцов при экспозиции в NO<sub>2</sub> и дегазации на воздухе. Оценивалась её деградация с течением времени. Установлено, что как исходные, так и облученные образцы обладают чувствительностью к NO<sub>2</sub>. При этом у исходного пористого кремния она через 6 месяцев практически пропадает, а у облучённого уменьшается через 3 месяца и затем сохраняется практически на том же уровне. Это является следствием формирования пассивирующей плёнки, которая препятствует деградации состава и свойств пористого кремния при его контакте с окружающей средой. Наличие такой плёнки, представленной высшим оксидом SiO<sub>2</sub>, подтверждается данными рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (XPS).

**Ключевые слова:** пористый кремний, X-ray photoelectron spectroscopy, импульсный ионный пучок, газовая чувствительность.

**Е. В. Князев, К. Е. Ивлёв, В. Е. Кан**

Воздействие ионных пучков и термообработок на структуру и электрофизические свойства индивидуальных многостенных углеродных нанотрубок и их ансамблей

Исследовано влияние облучения ионами аргона и термических обработок на формирование дефектной структуры и электрофизические свойства многослойных углеродных нанотрубках (МУНТ). Методами просвечивающей электронной микроскопии, комбинационного рассеяния света и электрофизическими измерениями установлено формирование стабильных протяженных дефектов, определяющих резкое снижение проводимости МУНТ после облучения и термических отжигов. Показана возможность применения комбинации методов ионного облучения и температурных отжигов для изменения проводимости нанотрубок.

**Ключевые слова:** функционализация углеродных нанотрубок, углеродные нанотрубки, ионное облучение, температурные отжиги, просвечивающая микроскопия, комбинационное рассеяние света, теория функционала плотности.

**Е. В. Князев, В. Е. Кан, В. А. Сачков**

Влияние вакансионных дефектов на структурные свойства одностенных углеродных нанотрубок

Работа посвящена теоретическому обоснованию направленного изменения структуры ОУНТ под воздействием потоков ионов Ar<sup>++</sup>. Показано, что введение вакансионных дефектов в структуру графенового листа приводит к существенному изменению его геометрических характеристик. Приведены значения изгибов графенового листа в зависимости от концентрации вакансионных дефектов. Данные теоретических расчетов подтверждены экспериментальными исследованиями ОУНТ методами КРС и ПЭМ.

**Ключевые слова:** наносенсорика, углеродные нанотрубки, ионное облучение, просвечивающая микроскопия, комбинационное рассеяние света, теория функционала плотности.

## **П. М. Корусенко**

Ионно-пучковое модифицирование композита на основе многостенных углеродных нанотрубок и диоксида олова

С использованием методов просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), энергодисперсионного рентгеновского анализа (ЭДА), рентгенофотоэлектронной спектроскопии (XPS) были исследованы изменения морфологии, фазового состава и химического состояния композита на основе многостенных углеродных нанотрубок и оксида олова ( $\text{SnO}_2/\text{МУНТ}$ ), модифицированного импульсным ионным пучком наносекундной длительности. Показано, что облучение композита приводит к изменению химического состояния наночастиц оксида олова, их перераспределению и закреплению на поверхности МУНТ. Установлено существенное снижение среднего размера наночастиц оксида олова с  $\sim 120$  nm до  $\sim 15$  nm, что объясняется процессом нагрева, диссоциации и испарения  $\text{SnO}_2$  под действием ионного пучка с последующим осаждением из паровой фазы на поверхность углеродных нанотрубок.

**Ключевые слова:** многостенные углеродные нанотрубки, композит, оксид олова, ионное облучение.

## **П. М. Корусенко, С. Н. Несов, С. Н. Поворознюк**

Изменение электронной структуры ориентированных многослойных углеродных нанотрубок при воздействии импульсного ионного пучка наносекундной длительности

С использованием оборудования Российско-Германского канала станции RGL (BESSY II, Германия), лабораторного спектрометра Kratos Axis Ultra DLD и просвечивающего электронного микроскопа получены данные о химическом состоянии МУНТ и их структуре после облучения импульсным ионным пучком наносекундной длительности. Показано, что импульсное ионное облучение приводит к формированию новых структурных образований: тонких нанотрубок с внешним диаметром  $\sim 5$  nm, структур с размером до  $\sim 20$  nm, состоящих из инкапсулированных кластеров железа в графитовой оболочке, а также углерода луковичной формы с характерным размером  $\sim 5$  nm. Образование новых структур, является одной из причин увеличения доли атомов углерода в  $sp^3$ -гибридизированных в поверхностном слое МУНТ.

**Ключевые слова:** многостенные углеродные нанотрубки, импульсный ионный пучок, X-ray photoelectron spectroscopy, X-ray Auger-electron spectroscopy, углерод луковичной формы,  $sp^3$ .

## **И. А. Лобов, И. К. Шурус**

Влияние времени синтеза на морфологию и электронную структуру полианилина

В работе исследовано изменение морфологии и электронной структуры полианилина в зависимости от времени синтеза. Показано, что ширина запрещенной зоны полимера уменьшается с увеличением продолжительности синтеза за счёт изменения числа электронных состояний в растущем молекулярном клубке. Установлено, что более длительный синтез обеспечивает большую величину работы выхода электрона в результате увеличения степени протонирования полианилина.

**Ключевые слова:** полианилин, время синтеза, атомно-силовая микроскопия, спектрофотометрия, ширина запрещенной зоны, работа выхода электрона.



### **С. Н. Несов**

Применение ионно-лучевой обработки для предварительной активации поверхности многостенных углеродных нанотрубок при формировании композитов с оксидом олова методом химического газофазного осаждения

В работе исследуется активация поверхности многостенных углеродных нанотрубок путем их облучения пучком ионов аргона с энергией 5 кэВ при формировании композитов с оксидом олова ( $\text{SnO}_x/\text{МУНТ}$ ) методом газофазного химического осаждения. Анализ структуры и химического состояния сформированных композитов был проведен с использованием синхротронного излучения методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (XPS) и рентгеновской адсорбционной спектроскопии (XANES). Полученные результаты показали, что предварительная обработка МУНТ ионами аргона приводит к формированию на их поверхности кислородсодержащих функциональных групп, выступающих в качестве центров межфазного взаимодействия при последующем формировании композита  $\text{SnO}_x/\text{МУНТ}$ .

**Ключевые слова:** многослойные углеродные нанотрубки, оксид олова, ионно-лучевая обработка, рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.

### **Е. А. Росликова, В. Е. Росликов, К. Е. Ивлев**

Газочувствительные свойства многослойных структур  $\text{por-SiO}_2/\text{SnO}_x:\text{Pt}$

Были получены многослойные композитные структуры на основе макропористого кремния и оксида олова с платиной. Методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) было установлено, что оксид олова равномерно покрывает поверхность макропористого кремния. Исследование газочувствительных свойств показало, что полученные тестовые композитные структуры с платиной обладают более высокой чувствительностью к молекулам газов  $\text{CO}$  и  $\text{CH}_4$  при температуре 150 °С, чем структуры с оксидом олова без платины.

**Ключевые слова:** пористый кремний, многослойные структуры, оксид олова, газочувствительные свойства.

### **В. Е. Росликов, Е. А. Росликова, Ю. А. Стенькин, С. Н. Поворознюк**

Формирование и исследование химической чувствительности нанокompозитных структур на основе облученных углеродных нанотрубок и оксидов металлов

Были получены нанокompозитные структуры на основе облученных ионами  $\text{Ag}^+$  многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) и оксидов металлов ( $\text{SnO}_x$  и  $\text{TiO}_{2-x}$ ). Методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) было установлено, что оксиды металлов равномерно покрывают МУНТ. Исследование электрофизических и газочувствительных свойств показало, что полученные тестовые композитные структуры обладают более высокой чувствительностью к молекулам газов  $\text{NO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  при комнатной температуре, чем слои МУНТ, не модифицированные оксидами металлов.

**Ключевые слова:** многостенные углеродные нанотрубки, нанокompозитные структуры, оксид олова, оксид титана, ионное облучение.

**Д. В. Соколов, Н. А. Давлеткильдеев, И. А. Лобов**

Применение методов сканирующей зондовой микроскопии для определения электрофизических параметров индивидуальных многостенных углеродных нанотрубок

На основе совместного использования методов проводящей атомно-силовой микроскопии (П-АСМ) и электростатической силовой микроскопии (ЭСМ) определены электрофизические параметры индивидуальных многостенных углеродных нанотрубок (УНТ), нелегированных и легированных примесью азота и бора. С помощью П-АСМ определялось продольное электрическое сопротивление УНТ. Из анализа данных ЭСМ определялись внешний диаметр, длина УНТ и работа выхода электронов из УНТ. На основе результатов, полученных данными методами, рассчитывались удельная проводимость УНТ, концентрация и подвижность свободных носителей заряда в них.

**Ключевые слова:** углеродные нанотрубки, проводящая атомно-силовая микроскопия, электростатическая силовая микроскопия, электрофизические параметры, работа выхода, проводимость.

#### **ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

**А. В. Мышлявцев, М. Д. Мышлявцева**

Моделирование методом трансфер матрицы решеточного газа жестких частиц на треугольной решетке с исключением вплоть до 3-го соседства

В работе использован метод трансфер матрицы для изучения системы жестких частиц на треугольной решетке с исключением 1-го, 2-го и 3-го соседства. При построении трансфер матрицы была использована схема генерации колец, основанная на отборе допустимых состояний непосредственно в процессе их построения. Этот подход позволяет увеличить доступные размеры колец. Были построены изотермы модели для всех трех случаев. Для первого и второго были воспроизведены известные результаты. Для третьего случая было показано, что в системе наблюдается фазовый переход первого рода и размер элементарной ячейки упорядоченной фазы равняется семи.

**Ключевые слова:** фазовые переходы, метод трансфер-матрицы, треугольная решетка, решеточные модели с исключением соседства.

**А. В. Мышлявцев, М. Д. Мышлявцева, В. Ф. Фефелов**

Модель бинарной мономолекулярной коадсорбции на квадратной решетке при притяжении частиц разного типа

Адсорбция бинарных газовых смесей на поверхности твердых тел представляет значительный интерес, как с практической, так и с теоретической точки зрения. Простейшей теоретической моделью, учитывающей физические взаимодействия между адсорбированными молекулами, является модель решеточного газа с взаимодействием только ближайших соседей. Нами проведен полный анализ фазовой диаграммы этой модели на квадратной решетке в основном состоянии при притяжении ближайших соседей и при произвольном знаке взаимодействий частиц одного сорта. Используя принцип минимума большого термодинамического потенциала в устойчивой фазе, построено разбиение пространства параметров модели (пространства энергий латеральных взаимодействий) на 14 областей, отличающихся типом фазовой диаграммы.

**Ключевые слова:** адсорбция, бинарные газовые смеси, модель решеточного газа, фазовые переходы, основное состояние.

**Е. Ю. Андиева, Е. М. Гурьева, В. А. Михайлов**

Анализ проблем обеспеченности экосистемы разработки решений промышленной автоматизации

Проблема формирования эффективной «цифровой» организации базы инженерных знаний ИТ-проектов обозначила задачу формирования специализированной среды для накопления базы лучших инженерных практик. Статья содержит подробный анализ технологических платформ, применимых для обеспечения экосистемы формирования базы инженерных практик в области цифровых решений I4.0. В статье выделены основные проблемы обеспеченности экосистемы разработок решений промышленной автоматизации с учетом особенностей глобальных изменений в области цифровых инженерных практик. В ходе исследования выявлено, что существует тот же ряд нерешенных проблем значительного отставания в обеспеченности экосистемы разработки сложных интегральных решений промышленной автоматизации. Решения, охватывающие большинство процессов ЖЦ систем и его модели, являются зарубежными и проприетарными.

**Ключевые слова:** Индустрия 4.0 (I4.0), экосистема, системная инженерия, инженерно-техническая система, цифровые инженерные практики.

**Н. Р. Стороженко, А. И. Голева**

Построение математической модели процесса мониторинга параметров информационной системы

Стремительное развитие информационных сетей в наше время требует высоких показателей доступности, быстродействия и отказоустойчивости. Для достижения наилучших характеристик этих параметров существует необходимость их мониторинга. В работе выделены наиболее актуальные состояния в процессе мониторинга сети, на основе чего, с помощью аппарата цепей Маркова, была построена математическая модель, учитывающая зависимость вероятностей событий от времени и описывающая процесс мониторинга неисправных параметров сетевого оборудования. Предложен метод вероятностного прогнозирования состояния полного отказа сети.

**Ключевые слова:** вероятностное прогнозирование, информационная система, математическая модель, мониторинг сетевых параметров, надежность сетевых ресурсов.

**Л. Г. Варепо, А. В. Паничкин, О. В. Трапезников, Мышлявцева М. Д., И. В. Нагорнова**

Моделирование переноса вязкой несжимаемой жидкости и компьютерная графика ее деформаций в зоне контакта

Представлены результаты численного моделирования и компьютерной визуализации картин деформаций, имеющих место в слое вязкой несжимаемой жидкости в процессе ее переноса на подложку между контактируемыми цилиндрами. Численное моделирование проведено с помощью разработанного авторами алгоритма численного решения уравнений Навье-Стокса вязкой несжимаемой жидкости на двухмерной регулярной сетке с помощью конечно-разностных методов с дополнительным расчетом подвижных границ, учитывающего расщепление жидкости с образованием микрокапель и деформации контактируемых поверхностей под действием перепадов давления. Рассматривается ламинарный тип течения вязкой несжимаемой жидкости в точке контакта поверхностей и постоянной скоростью

вращения цилиндров. Отмечено, что программная реализация разработанного численного алгоритма на примере печатной системы позволяет автоматизировать расчет коэффициентов переноса краски в зоне печатного контакта и прогнозировать выбор печатной системы.

**Ключевые слова:** алгоритм численного моделирования, компьютерная графика, уравнение Навье-Стокса, конечно-разностные методы, поверхность, деформация, вязкая несжимаемая жидкость.