



ГОРИЗОНТЫ НАУКИ

SCIENCE HORIZONS

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И СОВРЕМЕННЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ

**Сборник статей Международной
научно-практической конференции
2 мая 2026 г.**

**Адрес редакции:
Россия, 630000, г. Новосибирск, ул. Б. Советская, 12/1.
E-mail: gorizontynauki.ru**

УДК 00(082) + 001.18 + 001.89
ББК 94.3 + 72.4: 72.5
ISBN 978-5-00249-528-3
Н 347

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И СОВРЕМЕННЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ : сборник статей Международной научно-практической конференции (2 мая 2026 г., г. Новосибирск).

Настоящий сборник составлен по итогам Международной научно-практической конференции **«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И СОВРЕМЕННЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ»**, состоявшейся 2 мая 2026 г. В сборнике статей рассматриваются современные вопросы науки, образования и практики применения результатов научных исследований.

Все материалы сгруппированы по разделам, соответствующим номенклатуре научных специальностей. Сборник предназначен для широкого круга читателей, интересующихся научными исследованиями и разработками, научных и педагогических работников, преподавателей, докторантов, аспирантов, магистрантов и студентов с целью использования в научной и педагогической работе и учебной деятельности.

Согласно установленным правилам, все авторы, представленные в данном издании, являются студентами или аспирантами. Все статьи проходят экспертную оценку. Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей. Статьи представлены в авторской редакции. Ответственность за точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

При использовании опубликованных материалов в контексте других документов или их перепечатке ссылка на сборник статей научно-практической конференции обязательна. Полнотекстовая электронная версия сборника размещена в свободном доступе на сайте [https:// gorizontynauki.ru](https://gorizontynauki.ru)

Адрес редакции:
Россия, 630000, г. Новосибирск, ул. Б. Советская, 12/1.
E-mail: gorizontynauki.ru

**Ответственный редактор:
Наумов Артур Викторович**

В состав редакционной коллегии и организационного комитета

ВХОДЯТ:

- Белозеров А.В.**, кандидат технических наук, доцент (г. Новосибирск)
Григорьевских И.С., кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник (г. Магнитогорск)
Дмитриева Л.Н., доктор филологических наук, профессор (г. Красноярск)
Елисеева Т.К., кандидат экономических наук, доцент (г. Ижевск)
Захарова М.П., кандидат педагогических наук, научный сотрудник (г. Владимир)
Николаев О.С., кандидат исторических наук, доцент (г. Курск)
Степанов Д.В., доктор технических наук, профессор (г. Нижний Новгород)
Мартirosян Г.Л., кандидат архитектуры, доцент (г. Гюмри, Республика Армения)
Павлов К.А., доктор медицинских наук, профессор (г. Казань, Республика Татарстан)
Турсынбеков Б.М., кандидат юридических наук, доцент (г. Алматы, Республика Казахстан)
Мионов С.В., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник (г. Хабаровск)
Федосеева Е.Ю., кандидат биологических наук, старший преподаватель (г. Тюмень)
Кузнецова А.А., кандидат культурологии, доцент (г. Кострома)
Андреев Д.И., доктор географических наук, профессор (г. Архангельск)
Соколова В.М., кандидат социологических наук, научный сотрудник (г. Вологда)
Тихонова Р.С., кандидат искусствоведения, доцент (г. Геленджик)
Волков Г.Д., доктор философских наук, профессор (г. Мурманск)
Лебедев Ю.П., кандидат химических наук, доцент (г. Калуга)
Борисова Н.В., кандидат психологических наук, научный сотрудник (г. Брянск)
Сафина Л.Ш., кандидат филологических наук, доцент (г. Уфа)
Тимофеева К.Е., доктор педагогических наук, профессор (г. Пенза)
Алексеев М.Ю., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник (г. Чебоксары)
Семенов В.А., кандидат физико-математических наук, доцент (г. Томск)
Орлов К.Н., кандидат экономических наук, старший научный сотрудник (г. Южно-Сахалинск)
Мельников П.Р., доктор политических наук, профессор (г. Калининград)
Васильева Е.О., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (г. Астрахань)
Щербакова М.С., кандидат исторических наук, научный сотрудник (г. Псков)
Игнатова Ю.Д., доктор ветеринарных наук, профессор (г. Петрозаводск)
Варданян С.М., кандидат медицинских наук, доцент (г. Ростов-на-Дону)
Яковлева А.И., кандидат технических наук, старший научный сотрудник (г. Барнаул)

УДК 616.12-008.331.1-085

ББК 54.10

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОЙ ТЕРАПИИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ: РОЛЬ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ В ВЫБОРЕ АНТИГИПЕРТЕНЗИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Паламарчук Артем Игоревич

аспирант кафедры внутренних болезней
Новосибирский государственный медицинский университет (НГМУ)
г. Новосибирск Россия

Тихонова Елена Владимировна

студент 6 курса лечебного факультета
Новосибирский государственный медицинский университет (НГМУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В статье анализируются актуальные аспекты персонализированного подхода к лечению артериальной гипертензии на основе оценки генетического профиля пациента. Рассматривается влияние полиморфизма генов ренин-ангиотензин-альдостероновой системы и адренорецепторов на индивидуальный фармакологический ответ при применении основных групп антигипертензивных средств. Обосновывается необходимость внедрения методов генотипирования в клиническую практику для повышения эффективности терапии, снижения риска побочных эффектов и достижения целевых уровней артериального давления в кратчайшие сроки. Приводятся данные о связи конкретных генетических вариаций с чувствительностью к ингибиторам АПФ и бета-адреноблокаторам.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, персонализированная медицина, фармакогенетика, полиморфизм генов, антигипертензивная терапия, ренин-ангиотензин-альдостероновая система, целевое артериальное давление.

Введение

Артериальная гипертензия остается одной из наиболее значимых медицинских и социальных проблем в современной кардиологии, являясь ведущим фактором риска развития сердечно-сосудистых катастроф, таких как инфаркт миокарда и мозговой инсульт. Несмотря на наличие широкого арсенала антигипертензивных препаратов, значительная часть пациентов не достигает целевых показателей артериального давления при использовании стандартных протоколов лечения. Одной из основных причин вариабельности терапевтического ответа является генетическая гетерогенность популяции, определяющая особенности фармакокинетики и фармакодинамики лекарственных средств.

Развитие персонифицированной медицины открывает новые возможности для оптимизации стратегии лечения, позволяя осуществлять выбор препарата не эмпирическим путем, а на основе индивидуальных биологических характеристик пациента. Интеграция данных фундаментальной генетики в клиническую практику здравоохранения Сибирского региона и России в целом представляет собой перспективное направление, способное существенно повысить качество жизни пациентов и снизить нагрузку на систему общественного здоровья.

Генетические детерминанты фармакологического ответа

Эффективность антигипертензивных препаратов во многом зависит от активности ключевых регуляторных систем организма, кодируемых специфическими генами. Особое внимание исследователей сосредоточено на полиморфизме гена ангиотензинпревращающего фермента (АПФ), в частности на наличии или отсутствии вставки (I/D полиморфизм). Установлено, что пациенты с генотипом DD характеризуются более высокой активностью фермента в плазме крови, что может определять их сниженную чувствительность к монотерапии ингибиторами АПФ и требовать назначения более высоких доз или комбинации с диуретиками.

Параллельно изучаются вариации в генах адренорецепторов, влияющие на эффективность бета-адреноблокаторов. Наличие определенных однонуклеотидных замен в гене ADRB1 коррелирует с выраженностью снижения частоты сердечных сокращений и уровня системного давления в ответ на терапию селективными бета-блокаторами. Понимание данных механизмов позволяет еще на этапе инициации лечения прогнозировать вероятность успеха выбранной схемы и избегать назначения заведомо неэффективных для конкретного индивида лекарственных форм.

Перспективы внедрения фармакогенетического тестирования

Практическое применение генотипирования в кардиологической практике сталкивается с рядом организационных и экономических барьеров, однако накопленный массив доказательных данных подтверждает долгосрочную выгоду такого подхода. Использование генетического паспорта пациента позволяет минимизировать период подбора терапии, в течение которого пациент остается незащищенным от высокого давления и риска поражения органов-мишеней. Кроме того, идентификация генетической предрасположенности к развитию побочных эффектов, таких как сухой кашель при приеме ингибиторов АПФ или периферические отеки при использовании антагонистов кальция, повышает приверженность больных к лечению.

В условиях крупного научно-образовательного центра, каким является Новосибирск, создание алгоритмов поддержки принятия врачебных решений на основе молекулярно-генетических данных становится приоритетной задачей. Сочетание клинического обследования с высокотехнологичными методами диагностики обеспечивает переход от усредненных стандартов к индивидуализированной высокоэффективной терапии, что соответствует вектору развития современной медицинской науки.

Заключение

Персонализированная терапия артериальной гипертензии, основанная на учете генетических особенностей пациента, представляет собой качественный скачок в лечении сердечно-сосудистых заболеваний. Идентификация ключевых генетических маркеров позволяет не только прогнозировать эффективность антигипертензивных препаратов, но и предотвращать развитие осложнений. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на создание доступных диагностических панелей и разработку детализированных клинических рекомендаций, интегрирующих фармакогенетические данные в алгоритмы ведения пациентов с гипертонической болезнью.

Список литературы

1. Кушаковский М. С. Гипертоническая болезнь. — СПб.: Сотис, 2002. — 720 с.
2. Беленков Ю. Н., Привалова Е. В., Каплунова В. Ю. Гипертоническая болезнь. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. — 352 с.
3. Сычев Д. А., Кукес В. Г., Панченко Е. П. Фармакогенетика как путь к персонализированной медицине. — М.: Медицина, 2008. — 184 с.
4. Turner S. T., Boerwinkle E. Pharmacogenetics of Antihypertensive Drug Responses. — *Current Hypertension Reports*, 2003. — Vol. 5. — P. 9–14.

УДК 616.127-005.8-036.11

ББК 54.101

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНДОВАСКУЛЯРНЫХ МЕТОДОВ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА

Голицын Дмитрий Александрович

Преподаватель кафедры хирургических болезней
Новосибирский государственный медицинский университет (НГМУ)
г. Новосибирск Россия

Морозова Екатерина Сергеевна

студент 5 курса педиатрического факультета
Новосибирский государственный медицинский университет (НГМУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В статье рассматриваются современные подходы к лечению острого коронарного синдрома с использованием методов чрескожного коронарного вмешательства. Проводится сравнительный анализ клинических исходов у пациентов, подвергшихся экстренной реваскуляризации миокарда, и оценивается влияние времени «дверь-баллон» на сохранение сократительной способности левого желудочка. Особое внимание уделено применению стентов с лекарственным покрытием последнего поколения и антиагрегантной терапии в послеоперационном периоде. Обосновывается значимость ранней инвазивной стратегии для снижения показателей летальности и улучшения долгосрочного прогноза у больных с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST.

Ключевые слова: острый коронарный синдром, чрескожное коронарное вмешательство, стентирование, реваскуляризация миокарда, инфаркт миокарда, кардиология, эндоваскулярная хирургия.

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания прочно удерживают лидерство в структуре общей смертности населения развитых стран, при этом острый коронарный синдром (ОКС) является наиболее угрожающим проявлением ишемической болезни сердца. Эволюция подходов к лечению ОКС за последние десятилетия привела к смещению акцента с консервативной тромболитической терапии в сторону высокотехнологичных эндоваскулярных методов. Чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) в настоящее время признано «золотым стандартом» восстановления кровотока в инфаркт-зависимой артерии.

Для крупных медицинских центров Сибирского региона, обладающих мощной базой для проведения рентгенэндоваскулярных операций, актуальной задачей остается не только техническое совершенствование манипуляций, но и оптимизация логистических цепочек оказания помощи. Эффективность реваскуляризации напрямую коррелирует с временными интервалами от момента возникновения болевого приступа до восстановления проходимости сосуда, что требует слаженной работы всех звеньев кардиологической службы.

Технологические аспекты эндоваскулярного лечения

Современная процедура стентирования коронарных артерий предполагает использование высокотехнологичного инструментария, обеспечивающего минимальную травматизацию сосудистой стенки. Внедрение стентов с лекарственным покрытием (DES), выделяющих цитостатики, позволило радикально снизить частоту развития рестенозов в зоне вмешательства по сравнению со стентами без покрытия. В процессе операции критически важным является достижение адекватного диаметра просвета сосуда и полной аппозиции балок стента к интима артерии, что контролируется методами внутрисосудистой визуализации.

Применение систем для аспирации тромбомасс в ходе первичного ЧКВ позволяет уменьшить риск дистальной эмболизации микроциркуляторного русла, что особенно важно при массивном тромбозе. Параллельно с механическим восстановлением просвета сосуда проводится агрессивная фармакологическая поддержка, включающая современные блокаторы рецепторов к АДФ и антикоагулянты. Такой комплексный подход минимизирует зону некроза сердечной мышцы и предотвращает развитие тяжелой сердечной недостаточности в постинфарктном периоде.

Оценка клинических результатов и реабилитационный потенциал

Клиническая эффективность экстренного ЧКВ подтверждается существенным снижением частоты повторных сердечно-сосудистых событий и улучшением качества жизни пациентов. Ранняя активация больных после радиального доступа (через лучевую артерию) способствует сокращению сроков госпитализации и снижению риска геморрагических осложнений в месте пункции. Важным показателем успешности вмешательства служит динамика фракции выброса левого желудочка по данным эхокардиографии, которая при своевременной реваскуляризации демонстрирует тенденцию к восстановлению.

Несмотря на высокие технические показатели успеха операций, долгосрочный прогноз во многом зависит от приверженности пациента к вторичной профилактике, включая пожизненный прием дезагрегантов и контроль уровня липидов.

Совершенствование методов эндоваскулярной хирургии в Новосибирске и интеграция научных разработок медицинского университета в клиническую практику позволяют постоянно улучшать статистику выживаемости и возвращать трудоспособность лицам трудоспособного возраста после перенесенного ОКС.

Заключение

Эндоваскулярная реваскуляризация является высокоэффективным и безопасным методом лечения острого коронарного синдрома, позволяющим значительно снизить риск летального исхода и инвалидизации. Применение современных стентов в сочетании с оптимальной медикаментозной поддержкой обеспечивает долгосрочную проходимость коронарных артерий. Дальнейшее развитие направления связано с расширением доступности высокотехнологичной помощи и совершенствованием систем дистанционного мониторинга состояния пациентов после выписки из стационара, что обеспечит преемственность всех этапов кардиологической помощи.

Список литературы

1. Бокерия Л. А., Алекян Б. Г. Руководство по рентгенэндоваскулярной хирургии сердца и сосудов. — М.: НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2008. — 598 с.
2. Руда М. Я., Голицын С. П., Грацианский Н. А. Диагностика и лечение больных острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST электрокардиограммы. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. — 156 с.
3. Тополь Э. Дж. Учебник интервенционной кардиологии. — Пер. с англ. под ред. Л. С. Кокова. — М.: Рид Элсивер, 2010. — 448 с.
4. Smith S. C., Feldman T. E., Hirshfeld J. W. ACC/AHA/SCAI Guidelines for Percutaneous Coronary Intervention. — Journal of the American College of Cardiology, 2006. — Vol. 47. — P. 1–121.

УДК 621.375.026:621.3.049.77

ББК 32.844.5

ПРЕЦИЗИОННЫЕ АНАЛОГОВЫЕ СХЕМЫ НА ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЯХ: АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ И МЕТОДЫ ИХ МИНИМИЗАЦИИ

Нечаев Владимир Борисович

доцент кафедры радиотехники, канд. техн. наук
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Лебедева Марина Олеговна

студент 3 курса, направление «Радиотехника»
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В статье рассматриваются источники погрешностей прецизионных аналоговых схем на операционных усилителях и методы их минимизации при проектировании высокоточных измерительных и усилительных трактов. Анализируются параметры реальных операционных усилителей — напряжение смещения, входные токи, шумовые характеристики и ограничения полосы пропускания — и их влияние на точность схемы. Описаны схемотехнические приёмы компенсации погрешностей: балансировка, автонулирование, использование дифференциальных топологий и методов модуляции-демодуляции.

Ключевые слова: операционный усилитель, прецизионная аналоговая схема, напряжение смещения, входной ток, шумовые характеристики, автонулирование, инструментальный усилитель, аналоговая обработка сигналов

Введение

Операционный усилитель (ОУ) является универсальным строительным блоком аналоговой электроники, на основе которого реализуется широчайший спектр функциональных узлов: усилители сигналов, фильтры, интеграторы, дифференциаторы, компараторы, источники тока и напряжения, схемы выборки-хранения и многие другие.

Несмотря на кажущуюся простоту применения, проектирование прецизионных аналоговых схем на ОУ требует глубокого понимания природы и количественных характеристик реальных отличий операционного усилителя от идеального элемента.

По мере роста требований к точности измерительных систем — в аналитическом приборостроении, медицинской электронике, системах промышленного контроля и прецизионных источниках опорного напряжения — тщательный анализ источников погрешностей и выбор методов их компенсации становится обязательным этапом проектирования. Современный рынок предлагает широчайшую номенклатуру специализированных ОУ, оптимизированных по различным параметрам, однако корректный выбор и правильное применение этих компонентов остаются нетривиальной инженерной задачей.

Параметры реального операционного усилителя и их влияние на точность

Напряжение смещения (V_{os}) — разность входных напряжений, при которой выходное напряжение ОУ обращается в нуль — является одним из ключевых параметров прецизионных применений. У современных прецизионных ОУ (AD8628, OPA2188, LTC2050) значение V_{os} составляет единицы и десятки микровольт, тогда как у универсальных ОУ общего применения оно достигает нескольких милливольт. Не менее важен температурный коэффициент напряжения смещения (TCV_{os}), определяющий дрейф нулевой точки при изменении температуры окружающей среды. Входные токи смещения и разность входных токов создают дополнительные погрешности при протекании через резисторы схемы, что особенно критично для высокоомных цепей и ОУ на биполярных транзисторах.

Шумовые характеристики ОУ — спектральная плотность напряжения и тока шума — определяют нижнюю границу достижимого отношения сигнал/шум в усилительном тракте. В области низких частот доминирует фликкер-шум ($1/f$ -шум), интенсивность которого существенно зависит от технологии изготовления. КМОП-ОУ обладают значительно меньшими токами шума по сравнению с биполярными аналогами, тогда как биполярные ОУ, как правило, превосходят КМОП по уровню напряжения шума в области белого шума. Параметр произведения усиления на полосу (GBW) и скорость нарастания выходного напряжения (SR) задают ограничения на рабочую полосу частот схемы при заданном коэффициенте усиления.

Схемотехнические методы компенсации погрешностей

Автонулевые (zero-drift) операционные усилители, реализующие принцип периодической компенсации напряжения смещения с использованием внутренней схемы выборки-хранения, обеспечивают исключительно низкие

значения V_{os} и TCV_{os} без необходимости внешней подстройки. Принцип чоппирования (модуляция-демодуляция) переносит полезный сигнал в область более высоких частот, где уровень $1/f$ -шума и дрейфа пренебрежимо мал, с последующей демодуляцией и фильтрацией. Совмещение автонулевой и чопперной архитектур в одном кристалле позволяет одновременно минимизировать как низкочастотный шум, так и напряжение смещения.

Дифференциальные и инструментальные усилители (ИУ) обеспечивают высокий коэффициент подавления синфазного сигнала (CMRR), что принципиально важно при усилении малых дифференциальных сигналов на фоне значительных синфазных помех — типичная ситуация в мостовых измерительных схемах и при съёме биопотенциалов. Трёхоперационная топология ИУ (типа AD8221, INA128) обеспечивает CMRR более 100 дБ в полосе частот до нескольких кГц. Применение резисторов с низким температурным коэффициентом (ТКС менее 5 ppm/°C), четырёхзондовое включение и экранирование сигнальных цепей дополняют схемотехнические методы обеспечения прецизионности аналоговых трактов.

Заключение

Проектирование прецизионных аналоговых схем на операционных усилителях требует системного учёта всего комплекса погрешностей — статических, динамических и шумовых — и целенаправленного применения методов их минимизации: выбора специализированных ОУ с оптимальными параметрами, использования автонулевых и чопперных архитектур, дифференциальных топологий и прецизионных пассивных компонентов. Дальнейшее развитие технологии производства аналоговых интегральных схем обеспечивает неуклонное снижение напряжения смещения, уровня шума и температурного дрейфа коммерчески доступных ОУ, расширяя возможности прецизионной аналоговой обработки сигналов в измерительной технике, медицинской электронике и системах автоматического управления.

Список литературы

1. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: в 3 т. — 6-е изд. — М.: Мир, 2003.
2. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. — М.: Додэка-XXI, 2008. — Т. 1–2. — 942 с.
3. Franco S. Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits. — 4th ed. — McGraw-Hill, 2015. — 672 p.
4. Analog Devices. Op Amp Applications Handbook / Ed. by W. Kester. — Burlington: Newnes, 2005. — 896 p.

УДК 621.314:621.355

ББК 32.845

МНОГОФАЗНЫЕ ИМПУЛЬСНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ С КОРРЕКЦИЕЙ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ

Филин Павел Андреевич

доцент кафедры электротехники, канд. техн. наук
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Маратов Илья Максимович

студент 4 курса, направление «Электроэнергетика и электротехника»
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В работе рассматриваются топологии многофазных импульсных источников питания с активной коррекцией коэффициента мощности (ККМ) для применения в телекоммуникационном и промышленном оборудовании. Проводится сравнительный анализ одно- и многофазных схем ККМ на базе преобразователей типа boost, а также методов их управления — с постоянной и переменной частотой коммутации. Показаны преимущества многофазного чередования с точки зрения снижения пульсаций тока и уменьшения массогабаритных показателей пассивных компонентов.

Ключевые слова: импульсный источник питания, коррекция коэффициента мощности, многофазный преобразователь, boost-конвертер, ШИМ, гармонические искажения, энергоэффективность, PFC-контроллер

Введение

Импульсные источники питания (ИИП) стали неотъемлемым элементом современной электронной аппаратуры — от потребительской техники до серверного и телекоммуникационного оборудования центров обработки данных. Высокий КПД, малые массогабаритные показатели и возможность широкой регулировки выходного напряжения обусловили их повсеместное вытеснение линейных стабилизаторов. Вместе с тем неуправляемые диодные выпрямители, применяемые на входе большинства ИИП, потребляют от сети несинусоидальный ток с высоким содержанием высших гармоник, что ведёт к снижению коэффициента мощности до значений 0,5–0,7 и создаёт недопустимую нагрузку на сетевую инфраструктуру.

Требования международных стандартов IEC 61000-3-2 и ГОСТ Р 51317.3.2 к допустимому уровню гармонических составляющих тока, потребляемого оборудованием мощностью более 75 Вт, стимулировали широкое внедрение схем активной коррекции коэффициента мощности (Active PFC). Одноступенчатые и двухступенчатые топологии с ККМ стали стандартом для источников питания мощностью от сотен ватт до нескольких киловатт, обеспечивая коэффициент мощности на уровне 0,99 и выше при суммарном коэффициенте гармонических искажений (THD) менее 5%.

Топологии схем коррекции коэффициента мощности

Наиболее распространённой топологией для однофазного ККМ является повышающий (boost) преобразователь, включённый между выпрямительным мостом и шиной промежуточного напряжения постоянного тока. Работа транзисторного ключа в режиме непрерывной проводимости тока (CCM) с управлением по принципу слежения тока за синусоидальным опорным сигналом, синхронизированным с сетевым напряжением, обеспечивает практически синусоидальную форму потребляемого тока. Контроллеры ККМ — специализированные микросхемы типа UCC28019, NCP1654 и их аналоги — реализуют цифровые и аналоговые алгоритмы управления с функциями мягкого старта, защиты от перенапряжения и отслеживания нуля напряжения.

Для источников питания мощностью свыше 1–2 кВт применение однофазного ККМ сопряжено с ростом токовых нагрузок на ключевые элементы и значительными пульсациями тока через входной конденсатор. Многофазное чередование — параллельное включение нескольких идентичных каналов boost-преобразователя со сдвигом фаз управляющих сигналов на $360^\circ/N$, где N — число фаз, — позволяеткратно снизить амплитуду пульсаций суммарного входного и выходного тока без увеличения индуктивности дросселя каждого канала. Двух-, трёх- и четырёхфазные топологии ККМ получили широкое применение в серверных источниках питания стандарта 80 PLUS Titanium мощностью 1–3 кВт, где КПД при номинальной нагрузке достигает 96–97%.

Методы управления и цифровая реализация

Переход от аналоговых к цифровым контроллерам ККМ на базе специализированных DSP и микроконтроллеров с аппаратными блоками ШИМ открыл возможности для реализации адаптивных и предиктивных алгоритмов управления, недоступных в аналоговых схемах. Алгоритм управления с предсказанием тока обеспечивает минимальные гармонические искажения при работе на нелинейную нагрузку и при изменениях сетевого напряжения в широком диапазоне.

Цифровая реализация позволяет также реализовать функции мониторинга качества электроэнергии, адаптивной компенсации мёртвого времени и автоматической настройки параметров регуляторов без изменения аппаратной части.

Перспективным направлением является применение резонансных топологий — LLC и CLLC-преобразователей — на второй ступени двухступенчатого ИИП, обеспечивающих мягкую коммутацию (ZVS/ZCS) силовых ключей и тем самым минимизирующих коммутационные потери при высокой частоте переключения. Сочетание многофазного ККМ на первой ступени с резонансным DC/DC-преобразователем на второй и применения SiC или GaN-транзисторов позволяет достичь КПД преобразования 98% и выше при плотности мощности, недоступной для традиционных кремниевых решений.

Заключение

Многофазные импульсные источники питания с активной коррекцией коэффициента мощности представляют собой современное техническое решение, обеспечивающее соответствие требованиям электромагнитной совместимости при высоких показателях энергетической эффективности. Применение многофазного чередования, цифровых алгоритмов управления и широкозонных силовых приборов создаёт технологическую основу для построения источников питания следующего поколения с повышенной плотностью мощности, расширенным диапазоном рабочих условий и улучшенными динамическими характеристиками. Дальнейшее совершенствование топологий и методов управления ИИП остаётся актуальной научно-технической задачей в условиях постоянно возрастающих требований к энергоэффективности электронного оборудования.

Список литературы

1. Мелешин В.И., Эраносян С.А. Сетевые источники питания для радиоэлектронной аппаратуры. — М.: Техносфера, 2008. — 400 с.
2. Erickson R.W., Maksimovic D. Fundamentals of Power Electronics. — 3rd ed. — Springer, 2020. — 1097 p.
3. Buso S., Mattavelli P. Digital Control in Power Electronics. — Morgan & Claypool, 2015. — 229 p.
4. Huber L., Jang Y., Jovanovic M.M. Performance evaluation of bridgeless PFC boost rectifiers // IEEE Transactions on Power Electronics. — 2008. — Vol. 23, № 3. — P. 1381–1390.

УДК 621.317.39:681.586

ББК 32.844.1

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЕНСОРЫ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ: ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

Громов Сергей Николаевич

профессор кафедры приборостроения, д-р техн. наук
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Тихонова Анастасия Дмитриевна

студент 4 курса, направление «Приборостроение»
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В статье рассматриваются принципы построения интеллектуальных сенсоров и измерительных преобразователей с встроенной цифровой обработкой сигналов. Анализируются современные физические принципы преобразования, схемотехнические решения аналого-цифровых трактов и методы компенсации систематических погрешностей. Особое внимание уделено тенденциям интеграции сенсорных элементов с микроконтроллерными ядрами в рамках единой системы на кристалле, а также перспективам применения методов машинного обучения для повышения метрологических характеристик измерительных систем.

Ключевые слова: интеллектуальный сенсор, измерительный преобразователь, МЭМС, аналого-цифровой преобразователь, компенсация погрешностей, система на кристалле, сенсорный узел, метрологические характеристики

Введение

Сенсоры и измерительные преобразователи являются первичным звеном любой системы автоматического контроля, управления и мониторинга — от промышленных технологических установок до носимых медицинских приборов и узлов беспроводных сенсорных сетей. Качество измерительной информации, формируемой на выходе первичного преобразователя, во многом определяет достоверность и эффективность функционирования всей системы в целом.

В связи с этим непрерывное совершенствование принципов построения, метрологических характеристик и функциональных возможностей сенсорных устройств остаётся одним из приоритетных направлений развития современной электроники и приборостроения.

Концепция интеллектуального (умного) сенсора, предложенная в 1980-х годах и получившая широкое распространение с развитием микроэлектроники, предполагает интеграцию чувствительного элемента с аналоговым интерфейсом, аналого-цифровым преобразователем и микропроцессорным блоком обработки и коммуникации в едином устройстве. Такой подход обеспечивает возможность автокалибровки, компенсации нелинейности и температурной зависимости, самодиагностики и передачи данных по стандартным цифровым интерфейсам без потери метрологических характеристик.

Физические принципы и конструктивные основы современных сенсоров

Современная сенсорная электроника опирается на широкий спектр физических эффектов преобразования измеряемых величин в электрический сигнал. Пьезорезистивный и ёмкостный принципы лежат в основе большинства датчиков давления и ускорения, реализованных по технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС). МЭМС-технология обеспечивает массовое производство миниатюрных чувствительных элементов с воспроизводимыми характеристиками и возможностью монолитной интеграции с КМОП-схемами интерфейса и обработки. Акселерометры, гироскопы, датчики давления и микрофоны на основе МЭМС стали стандартными компонентами смартфонов, промышленных контроллеров и медицинских приборов.

Резистивные, термоэлектрические и оптические принципы преобразования широко применяются в датчиках температуры — термисторах, термопарах, платиновых термометрах сопротивления (РТ100/РТ1000) и инфракрасных пирометрах. Электрохимические сенсоры на основе твёрдотельных электролитов и мембранных систем обеспечивают избирательное детектирование газовых компонентов и ионов в жидких средах. Фотоэлектрические преобразователи на основе PIN-фотодиодов, лавинных фотодиодов и КМОП-матриц находят применение в системах технического зрения, спектрометрии и оптоволоконных измерительных системах.

Аналого-цифровой тракт и методы компенсации погрешностей

Аналоговый интерфейс интеллектуального сенсора включает инструментальный усилитель с программируемым коэффициентом усиления, фильтр нижних частот для подавления внеполосных помех и высокоразрядный сигма-дельта АЦП, обеспечивающий разрешение 16–24 бит при низком уровне собственных шумов.

Дифференциальный входной каскад и экранирование сигнальных цепей позволяют достичь высокого коэффициента подавления синфазных помех, что критично при работе в условиях промышленных электромагнитных помех. Программируемые усиление и смещение нуля обеспечивают адаптацию к динамическому диапазону конкретного чувствительного элемента без замены аппаратной части.

Компенсация систематических погрешностей — нелинейности статической характеристики, температурного дрейфа нуля и чувствительности — осуществляется методами аппаратной и программной коррекции. Хранение индивидуальных калибровочных коэффициентов в энергонезависимой памяти сенсора и применение полиномиальных или табличных методов аппроксимации обеспечивают приведение погрешности к единицам и долям процента в широком диапазоне условий эксплуатации. Перспективным направлением является применение нейросетевых моделей для компенсации сложных многофакторных зависимостей и перекрёстной чувствительности к мешающим влияющим величинам, что позволяет существенно расширить рабочий диапазон и повысить точность без усложнения аппаратной части.

Заключение

Интеллектуальные сенсоры и измерительные преобразователи представляют собой динамично развивающееся направление электроники, в котором тесно переплетаются достижения физики твёрдого тела, технологии микросистем, аналоговой и цифровой схемотехники и алгоритмов обработки данных. Дальнейшая миниатюризация чувствительных элементов на основе МЭМС и нанотехнологий, совершенствование аналого-цифровых трактов и внедрение методов машинного обучения для адаптивной калибровки и компенсации погрешностей открывают новые возможности для создания высокоточных, энергоэффективных и самодиагностируемых измерительных систем нового поколения. Расширение функциональности и снижение стоимости интеллектуальных сенсоров создаёт технологическую основу для дальнейшего развития интернета вещей, промышленной автоматике и персональной медицины.

Список литературы

1. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы. — М.: Машиностроение, 1992. — 424 с.
2. Фрайден Дж. Современные датчики: справочник. — М.: Техносфера, 2006.
3. Ripka P., Tipek A. Modern Sensors Handbook. — London: ISTE, 2007. — 512 p.

УДК 004.31:681.5

ББК 32.973.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УСТРОЙСТВ С АВТОНОМНЫМ ПИТАНИЕМ

Мещеряков Роман Викторович

доцент кафедры вычислительной техники, канд. техн. наук
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Орлова Екатерина Павловна

студент 3 курса, направление «Инфокоммуникационные технологии и системы
связи» Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В работе рассматриваются методы и аппаратно-программные средства снижения энергопотребления встраиваемых систем на основе современных микроконтроллеров при проектировании автономных устройств. Анализируются режимы пониженного энергопотребления, стратегии тактирования периферийных модулей и методы динамического масштабирования тактовой частоты и напряжения питания. Приведены практические рекомендации по выбору архитектуры и периферии микроконтроллера с учётом требований к времени автономной работы.

Ключевые слова: микроконтроллер, встраиваемые системы, энергопотребление, режим сна, динамическое масштабирование напряжения, автономное питание, RTOS, ARM Cortex-M

Введение

Стремительное развитие интернета вещей, носимой электроники, промышленной автоматики и беспроводных сенсорных сетей выдвигает энергоэффективность в число ключевых требований при проектировании встраиваемых систем. Устройства с автономным питанием от батарей или энергохарвестеров должны обеспечивать заданный срок службы — нередко составляющий несколько лет — при строгих ограничениях на массу и объём источника питания.

Центральным элементом большинства таких устройств является микроконтроллер, и именно его архитектурные особенности и программные механизмы управления потреблением во многом определяют итоговую энергетическую эффективность всей системы.

Современные 32-разрядные микроконтроллеры на базе ядра ARM Cortex-M предоставляют разработчику широкий арсенал аппаратных и программных средств управления энергопотреблением. Корректное и комплексное их использование позволяет снизить среднее потребление тока от нескольких миллиампер в активном режиме до единиц и даже долей микроампер в режимах глубокого сна, что на порядки увеличивает время автономной работы устройства.

Аппаратные методы снижения энергопотребления

Микроконтроллеры семейств STM32, nRF52 и EFM32 реализуют многоуровневую иерархию режимов пониженного потребления: от режима сна (Sleep) с остановкой ядра при работающей периферии до режимов глубокого сна (Deep Sleep, Stop, Shutdown), в которых отключаются большинство внутренних генераторов, регуляторы напряжения переводятся в режим низкого тока, а состояние периферийных модулей и оперативной памяти может как сохраняться, так и сбрасываться в зависимости от выбранного режима. Выход из режима глубокого сна осуществляется по прерыванию от таймера реального времени, внешнего сигнала или специализированного модуля компаратора, способного работать при минимальном токе потребления.

Динамическое масштабирование тактовой частоты и напряжения питания ядра (DVFS — Dynamic Voltage and Frequency Scaling) позволяет адаптировать вычислительную мощность микроконтроллера к текущей нагрузке в реальном времени. Снижение тактовой частоты вдвое уменьшает динамическую мощность рассеяния приблизительно в два раза, а снижение напряжения питания ядра — в квадратичной зависимости. Совместное применение этих методов при обработке данных с низкой интенсивностью обеспечивает снижение потребляемой мощности в 4–8 раз по сравнению с работой на максимальной частоте и номинальном напряжении.

Программные стратегии и роль операционной системы реального времени

На программном уровне ключевым инструментом управления энергопотреблением является архитектура приложения, основанная на событийной модели обработки: микроконтроллер большую часть времени находится в режиме сна и пробуждается только при наступлении значимых событий.

Применение операционных систем реального времени (RTOS) с поддержкой энергосберегающих режимов — таких как Zephyr RTOS, FreeRTOS с расширением tickless idle или RIOT OS — обеспечивает автоматическое управление переходами между режимами питания в зависимости от состояния очереди задач и ближайшего запланированного события.

Существенный вклад в снижение среднего потребления вносит также грамотное управление периферийными модулями: тактирование каждого периферийного блока должно включаться непосредственно перед его использованием и отключаться сразу после завершения операции. Применение DMA-контроллера для передачи данных между периферией и памятью без участия ядра процессора позволяет сократить время активного состояния ядра и тем самым снизить среднее потребление при интенсивном вводе-выводе. Выбор интерфейса связи — SPI, I2C, UART или беспроводного радиомодуля — также оказывает значительное влияние на энергетический бюджет системы и должен производиться с учётом требований к пропускной способности и допустимому потреблению.

Заключение

Оптимизация энергопотребления встраиваемых систем на основе микроконтроллеров является комплексной задачей, требующей системного подхода на всех уровнях проектирования — от выбора архитектуры и элементной базы до структуры программного обеспечения и алгоритмов управления периферией. Совместное применение аппаратных режимов пониженного потребления, динамического масштабирования частоты и напряжения, событийной архитектуры приложения и энергоэффективных RTOS позволяет достичь многократного снижения среднего потребления тока и обеспечить требуемое время автономной работы устройств IoT и носимой электроники. Дальнейшее развитие технологий ультранизкого потребления в микроконтроллерах новых поколений расширяет возможности для создания автономных устройств с питанием от энергохарвестеров без применения традиционных батарей.

Список литературы

1. Белов А.В. Микроконтроллеры AVR и ARM: от простого к сложному. — СПб.: Наука и техника, 2020. — 368 с.
2. Барр М., Массимини Э. Программирование встраиваемых систем на языке C. — М.: ДМК Пресс, 2019. — 496 с.
3. Sharma R. et al. Energy-efficient embedded system design: A survey // ACM Computing Surveys. — 2021. — Vol. 54, № 3. — P. 1–38.

ПРИМЕНЕНИЕ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРОВ С ШИРОКОЙ ЗАПРЕЩЁННОЙ ЗОНОЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

Карпенко Дарья Сергеевна

студент 4 курса, направление «Электроника и наноэлектроника»
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В статье рассматриваются перспективы применения силовых транзисторов на основе карбида кремния (SiC) и нитрида галлия (GaN) в преобразователях частоты для систем управления электроприводами. Проводится сравнительный анализ ключевых характеристик устройств на широкозонных полупроводниках с традиционными кремниевыми аналогами. Показаны преимущества применения данных компонентов с точки зрения энергоэффективности, быстродействия и тепловых режимов работы.

Ключевые слова: силовая электроника, карбид кремния, нитрид галлия, широкозонные полупроводники, преобразователь частоты, электропривод, энергоэффективность, коммутационные потери

Введение

Современная силовая электроника переживает период принципиального обновления элементной базы. Традиционные кремниевые (Si) транзисторы типа IGBT и MOSFET, доминировавшие в системах управления электроприводами на протяжении нескольких десятилетий, постепенно вытесняются приборами на основе полупроводников с широкой запрещённой зоной — карбида кремния (SiC) и нитрида галлия (GaN). Физические свойства этих материалов — высокое критическое поле пробоя, широкая запрещённая зона и высокая теплопроводность — открывают качественно новые возможности для построения высокочастотных, малогабаритных и высокоэффективных силовых преобразователей.

Системы управления электроприводами предъявляют жёсткие требования к характеристикам силовых ключей: минимальные коммутационные потери, высокая частота переключений, широкий диапазон рабочих температур и надёжность при длительной эксплуатации.

Именно в этом контексте широкозонные полупроводниковые приборы демонстрируют очевидные преимущества перед своими кремниевыми аналогами.

Сравнительный анализ характеристик приборов

Карбид кремния обладает шириной запрещённой зоны 3,26 эВ — почти втрое больше, чем у кремния (1,12 эВ), и критическим полем пробоя около 3 МВ/см против 0,3 МВ/см у Si. Это позволяет создавать приборы с напряжением пробоя 650–3300 В при значительно меньшей толщине дрейфового слоя и, следовательно, меньшем удельном сопротивлении в открытом состоянии (R_{on}). SiC MOSFET-транзисторы в диапазоне напряжений 1200–1700 В обеспечивают значение R_{on} в 5–10 раз ниже, чем сопоставимые кремниевые IGBT, что непосредственно снижает статические потери проводимости в инверторах электропривода.

Нитрид галлия, благодаря высокой подвижности электронов в канале гетероструктурного транзистора (HEMT) и эффекту двумерного электронного газа, обеспечивает исключительно малые значения R_{on} и ёмкостей переключения. GaN-транзисторы оптимальны в диапазоне напряжений до 650 В и частот переключения от единиц до десятков МГц, что делает их перспективными для применения в высокочастотных инверторах с широтно-импульсной модуляцией. Рабочая температура кристалла для SiC-приборов достигает 175–200°C против 125–150°C для Si IGBT, что упрощает проектирование систем охлаждения и повышает надёжность при тяжёлых тепловых режимах эксплуатации.

Особенности применения в системах электропривода

Применение SiC и GaN транзисторов в инверторах напряжения для управления асинхронными и синхронными двигателями позволяет повысить частоту ШИМ с типовых 4–16 кГц до 50–200 кГц. Это обеспечивает существенное снижение гармонических искажений тока статора, уменьшение электромагнитного шума и снижение потерь в обмотках и сердечнике двигателя. Повышение частоты переключения также позволяет значительно уменьшить габариты пассивных элементов — дросселей и конденсаторов фильтра — что ведёт к снижению массогабаритных показателей всего преобразовательного устройства.

К числу практических вызовов при внедрении широкозонных приборов относятся: повышенные требования к изоляции обмоток двигателя в связи с высокой скоростью нарастания напряжения (dv/dt), необходимость применения специализированных драйверов затвора с оптимизированными параметрами управляющих сигналов, а также более высокая стоимость компонентов по сравнению с кремниевыми аналогами.

Тем не менее анализ совокупной стоимости владения с учётом экономии электроэнергии за весь срок службы преобразователя свидетельствует об экономической целесообразности перехода на широкозонную элементную базу в промышленных применениях.

Заключение

Полупроводниковые приборы на основе карбида кремния и нитрида галлия представляют собой перспективную элементную базу для построения следующего поколения силовых преобразователей в системах управления электроприводами. Их применение обеспечивает снижение коммутационных потерь, повышение рабочей частоты, расширение температурного диапазона и уменьшение габаритов преобразовательного оборудования. Дальнейшее снижение стоимости серийных SiC и GaN-компонентов и совершенствование методов их схемотехнического применения открывает перспективы широкого внедрения данных технологий в промышленном электроприводе, тяговых системах и возобновляемой энергетике.

Список литературы

1. Баховцев И.А. Полупроводниковые приборы на основе карбида кремния: свойства и применение. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. — 184 с.
2. Лукин А.В., Семёнов В.Д. Силовая электроника на базе широкозонных полупроводников. — М.: Техносфера, 2021. — 256 с.
3. Millán J. et al. A survey of wide bandgap power semiconductor devices // IEEE Transactions on Power Electronics. — 2014. — Vol. 29, № 5. — P. 2155–2163.
4. Biela J. et al. SiC versus Si — evaluation of potentials for performance improvement of inverter and DC-DC converter systems by SiC power semiconductors // IEEE Transactions on Industrial Electronics. — 2011. — Vol. 58, № 7. — P. 2872–2882.

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СРЕДЫ

Пупкова Дарья Дмитриевна

студент 4 курса факультета автоматике и вычислительной техники
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В данной статье исследуются методы проектирования адаптивных систем управления для автономных мобильных роботов, функционирующих в динамически меняющихся условиях. Рассматриваются подходы, основанные на интеграции алгоритмов машинного обучения и классических методов теории автоматического управления. Особое внимание уделено проблеме обхода препятствий в реальном времени и навигации в пространствах с неполной априорной информацией. Проведен анализ эффективности использования нейросетевых структур для аппроксимации нелинейных функций состояния робота, что позволяет повысить точность позиционирования и стабильность движения при внешних возмущениях.

Ключевые слова: мобильная робототехника, адаптивное управление, нейронные сети, навигация, автономные системы, машинное обучение, обход препятствий, динамическая среда.

Введение

Современный этап развития робототехники характеризуется переходом от эксплуатации стационарных манипуляторов в жестко детерминированных условиях к внедрению автономных мобильных комплексов в неструктурированные среды. Такие системы находят применение в логистике, поисково-спасательных операциях и при мониторинге труднодоступных промышленных объектов. Одной из ключевых научно-технических задач является обеспечение высокой степени автономности робота при сохранении надежности управления в условиях шумов датчиков и непредсказуемого изменения ландшафта.

Интеллектуальные методы навигации и управления

Для решения задач навигации мобильного робота в условиях неопределенности наиболее перспективным является использование гибридных архитектур. В

таких системах базовый уровень управления отвечает за стабилизацию движения и выполнение элементарных команд, в то время как верхний уровень, построенный на базе глубокого обучения с подкреплением, осуществляет планирование траектории. Использование сенсорного слияния данных от лидаров, одометрии и инерциальных модулей позволяет формировать детальную карту окружающего пространства и корректировать движение в микросекундных интервалах.

Программная реализация и результаты моделирования

Разработанное программное обеспечение для управления робототехническим комплексом базируется на операционной системе для роботов (ROS), что обеспечивает модульность и масштабируемость системы. В рамках имитационного моделирования в среде Gazebo были проведены тесты навигации робота в офисных и складских помещениях с динамическими препятствиями. Результаты показали, что адаптивные алгоритмы обеспечивают на 25% более высокую плавность хода и снижение вероятности столкновений по сравнению с классическими PID-регуляторами при внезапном изменении конфигурации пространства.

Заключение

Разработка адаптивных алгоритмов является фундаментом для создания следующего поколения по-настоящему автономных машин. Комбинирование методов классической теории управления и искусственного интеллекта позволяет роботам успешно справляться с задачами в условиях высокой неопределенности. Внедрение подобных систем в промышленный сектор и сферу услуг позволит значительно снизить операционные издержки и повысить безопасность технологических процессов. Продолжение работ в области оптимизации нейросетевых регуляторов обеспечит технологический суверенитет и конкурентоспособность отечественных разработок в сфере интеллектуальной робототехники.

Список литературы

1. Пупков К. А., Коньков В. Г. Интеллектуальные системы. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. — 348 с.
2. Юревич Е. И. Основы робототехники. — 4-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2018. — 304 с.
3. Олссон Г., Пиани Д. Цифровые системы автоматизации и управления. — СПб.: Невский Диалект, 2001. — 557 с.
4. Siegwart R., Nourbakhsh I. R., Scaramuzza D. Introduction to Autonomous Mobile Robots. — 2nd ed. — MIT Press, 2011. — 472 p.

УДК 004.056.5

ББК 32.97

АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ В СИСТЕМАХ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЯХ

Васильева Алена Игоревна

студент 4 курса факультета автоматике и вычислительной техники
Новосибирский государственный технический университет (НГМУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В данной работе исследуются актуальные угрозы безопасности в сегменте интернета вещей (IoT) и методы противодействия киберпреступности в распределенных информационных системах. Рассматриваются структурные особенности IoT-устройств, ограничивающие применение традиционных средств защиты информации, такие как низкая вычислительная мощность и малый объем памяти. Анализируются протоколы передачи данных и наиболее распространенные векторы атак, включая подмену узлов, отказ в обслуживании и компрометацию прошивок. Описаны перспективные подходы к защите данных на основе технологий блокчейн и облегченных алгоритмов шифрования, адаптированных для работы в условиях ограниченных ресурсов.

Ключевые слова: интернет вещей, кибербезопасность, криптография, сетевые протоколы, защита данных, распределенные системы, информационная безопасность, блокчейн.

Введение

Бурное развитие технологий интернета вещей (IoT) привело к интеграции интеллектуальных устройств во все сферы человеческой деятельности — от систем «умного дома» и носимой электроники до критически важных объектов промышленной инфраструктуры. Однако стремительное расширение парка подключенных устройств не сопровождается адекватным ростом уровня их защищенности. Большинство бюджетных IoT-решений выпускаются с серьезными архитектурными недостатками, отсутствием механизмов регулярного обновления программного обеспечения и предустановленными паролями, что делает их легкой мишенью для злоумышленников.

Классификация угроз и архитектурные ограничения защиты

Специфика IoT-устройств накладывает жесткие ограничения на использование стандартных криптографических библиотек. Ограниченные ресурсы

центрального процессора и малый объем оперативной памяти не позволяют внедрять тяжеловесные алгоритмы асимметричного шифрования с большой длиной ключа. Это вынуждает разработчиков использовать упрощенные протоколы, которые часто оказываются уязвимыми к атакам типа «человек посередине» (MitM) или перебору паролей. Кроме того, многие устройства физически доступны для несанкционированного подключения, что создает риск прямого извлечения данных из памяти чипа.

Одним из наиболее эффективных решений для обеспечения целостности данных в IoT-системах является внедрение децентрализованных реестров на базе технологии блокчейн. Это позволяет исключить необходимость в едином доверенном центре и обеспечивает прозрачность всех транзакций между устройствами. В сочетании с использованием смарт-контрактов это дает возможность автоматизировать процесс аутентификации узлов и блокировать скомпрометированные сегменты сети в реальном времени без участия оператора.

Параллельно ведется работа над созданием «облегченной» криптографии (lightweight cryptography), которая оптимизирована для микроконтроллеров с низкой тактовой частотой. Применение таких алгоритмов в сочетании с сегментацией сети на изолированные виртуальные подсети позволяет локализовать угрозу и предотвратить ее распространение на всю инфраструктуру.

Заключение

Обеспечение безопасности интернета вещей требует комплексного подхода, сочетающего в себе аппаратные методы защиты, использование оптимизированных криптографических протоколов и внедрение интеллектуальных систем мониторинга трафика. Несмотря на существующие ограничения вычислительной мощности конечных устройств, современные методы децентрализации и машинного обучения открывают широкие перспективы для создания защищенных экосистем. Дальнейшие исследования в этой области будут сосредоточены на стандартизации протоколов безопасности и разработке отечественной элементной базы с интегрированными модулями доверенной загрузки.

Список литературы

1. Бабаш А. В., Шанкин Е. К. Криптография. — М.: Солон-Пресс, 2007. — 512 с.
2. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. — СПб.: Питер, 2016. — 992 с.
3. Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке С. — М.: Триумф, 2002. — 816 с.

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Вебер Дмитрий Сергеевич

аспирант кафедры автоматизированных электроэнергетических систем
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В статье рассматривается концепция внедрения технологии цифровых двойников на тепловых электрических станциях для повышения эффективности управления энергетическими активами. Описываются методы создания высокоточных математических моделей турбогенераторов и котельных агрегатов, работающих в режиме реального времени на основе данных от систем телеметрии. Анализируются возможности использования цифровых моделей для предиктивного анализа технического состояния оборудования и оптимизации удельного расхода топлива. Обосновывается значимость интеграции цифровых двойников в общую интеллектуальную сеть управления энергосистемой для минимизации потерь и предотвращения системных аварий.

Ключевые слова: цифровой двойник, электроэнергетика, математическое моделирование, тепловая электростанция, предиктивная аналитика, оптимизация режимов, интернет вещей, энергоэффективность.

Введение

Трансформация современной энергетики неразрывно связана с процессом цифровизации, где ключевую роль играет создание виртуальных копий физических объектов — цифровых двойников (Digital Twins). В отличие от статических расчетных схем, цифровой двойник представляет собой динамическую модель, которая непрерывно обменивается данными с реальным оборудованием через сеть датчиков. Это позволяет не только отслеживать текущие параметры работы энергоблоков ТЭС, но и прогнозировать их поведение при изменении нагрузки или возникновении нештатных ситуаций.

Для крупных промышленных узлов, таких как Новосибирская область, внедрение интеллектуальных систем моделирования является стратегической задачей. Устаревание основных фондов электростанций требует более гибких подходов к эксплуатации, позволяющих выявлять деградацию узлов на ранних стадиях и максимально эффективно распределять нагрузку между агрегатами. Технология цифровых двойников становится фундаментом для перехода к концепции «Индустрии 4.0» в энергетическом секторе.

Архитектура и алгоритмическая база цифровых двойников

Создание цифрового двойника генерирующей установки начинается с разработки комплексной модели, объединяющей термодинамические, электромагнитные и механические процессы. В основе системы лежат дифференциальные уравнения состояния, дополненные эмпирическими данными, полученными в ходе натурных испытаний оборудования. Использование алгоритмов машинного обучения позволяет модели адаптироваться к постепенному изменению характеристик агрегата, вызванному естественным износом или загрязнением поверхностей нагрева.

Критически важным аспектом является синхронизация виртуальной модели с реальным временем. Данные с датчиков температуры, давления, вибрации и параметров электрической сети поступают в аналитический модуль, который сравнивает эталонные показатели с фактическими. Любое значимое отклонение интерпретируется системой как признак развивающегося дефекта. Это позволяет перейти от жестких графиков планового ремонта к стратегии обслуживания по фактическому состоянию, что существенно сокращает эксплуатационные расходы и снижает вероятность внезапного выхода оборудования из строя.

Оптимизация и повышение энергоэффективности

Применение цифровых двойников позволяет решать задачи оптимизации топливоиспользования на качественно новом уровне. Постоянный расчет технико-экономических показателей в режиме онлайн дает возможность оператору станции выбирать наиболее экономичный режим работы котлотурбинных цехов с учетом текущих цен на топливо и востребованности мощности на рынке. Моделирование различных сценариев изменения нагрузки помогает заранее подготовить систему к пиковым режимам, минимизируя переходные процессы и связанные с ними потери энергии.

Кроме того, цифровые двойники находят применение в обучении персонала. Тренажеры, построенные на базе реальных цифровых моделей конкретных энергоблоков, позволяют отрабатывать действия в критических ситуациях в безопасной виртуальной среде. В научно-исследовательской деятельности НГТУ данные технологии используются для проектирования систем интеллектуального учета и управления распределенной генерацией, что способствует интеграции возобновляемых источников энергии в традиционные сети.

Заключение

Технология цифровых двойников открывает новые горизонты для повышения надежности и эффективности функционирования теплоэнергетического комплекса. Переход к использованию высокоточных динамических моделей

позволяет существенно продлить ресурс дорогостоящего оборудования и оптимизировать затраты на производство электроэнергии. Дальнейшее развитие направления связано с совершенствованием методов обработки больших данных и созданием единых цифровых платформ для управления всеми звеньями энергетической цепи — от генерации до конечного потребителя.

Список литературы

1. Рожкова Л. Д., Карнеева Л. К., Чиркова Т. В. Электрооборудование электрических станций и подстанций. — М.: Академия, 2013. — 448 с.
2. Купеев Ю. А., Копьев В. Н. Системы управления технологическими процессами на ТЭС. — М.: Энергоатомиздат, 2005. — 312 с.
3. Грабчак Е. П. Цифровая трансформация энергетики: основные подходы и приоритеты. — М.: Энергия, 2019. — 184 с.
4. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. — *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*, 2017. — P. 85–113.

УДК 004.8:658.5

ББК 32.973

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ЦЕПОЧКАМИ ПОСТАВОК

Куликов Максим Андреевич

аспирант кафедры информационных систем в экономике
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В данной статье исследуются методы интеграции алгоритмов машинного обучения в логистические процессы современных промышленных и торговых предприятий. Рассматриваются подходы к созданию прогностических моделей, способных анализировать большие массивы данных о прошлых продажах, рыночных трендах и макроэкономических факторах для минимизации избыточных складских запасов. Особое внимание уделено использованию нейронных сетей и алгоритмов градиентного бустинга для повышения точности планирования поставок в условиях высокой волатильности рынка. Описаны результаты внедрения интеллектуальных систем, способствующих снижению операционных издержек и повышению уровня клиентского сервиса.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, логистика, цепочки поставок, прогнозирование спроса, оптимизация запасов, большие данные, управление производством.

Введение

В условиях глобализации и цифровой трансформации экономики управление цепочками поставок становится одним из ключевых факторов конкурентоспособности предприятия. Традиционные методы планирования, основанные на простых статистических моделях и экспертных оценках, часто не справляются с обработкой огромных потоков информации и не учитывают нелинейные зависимости между рыночными факторами. Неточное прогнозирование спроса приводит либо к дефициту товаров, либо к замораживанию оборотного капитала в избыточных запасах, что негативно сказывается на финансовой устойчивости организации.

Для Новосибирской области, являющейся крупнейшим транспортно-логистическим узлом за Уралом, внедрение интеллектуальных систем управления грузопотоками имеет стратегическое значение. Переход к предиктивной аналитике на базе искусственного интеллекта (ИИ) позволяет компаниям оперативно реагировать на изменения внешней среды и выстраивать

гибкие логистические стратегии, соответствующие современным требованиям эффективности.

Методология интеллектуального прогнозирования спроса

Ядром интеллектуальной системы управления поставками является модель прогнозирования временных рядов. В отличие от классических методов, алгоритмы машинного обучения, такие как случайные леса (Random Forest) или рекуррентные нейронные сети (LSTM), способны выявлять скрытые закономерности и сезонные колебания с учетом множества внешних переменных: от погодных условий до активности конкурентов в цифровом пространстве. Процесс обучения модели включает этап предобработки данных, очистку от шумов и выделение наиболее значимых признаков, влияющих на динамику потребления.

Интеграция ИИ позволяет реализовать концепцию динамического пополнения запасов. Система в автоматическом режиме рассчитывает оптимальный объем заказа и время его размещения, минимизируя риски возникновения дефицита. Применение методов глубокого обучения позволяет также решать задачи сегментации товаров по их значимости и оборачиваемости, что оптимизирует использование складских площадей и сокращает затраты на внутреннюю логистику.

Результаты внедрения и экономический эффект

Практическая реализация интеллектуальных моделей в логистических подразделениях показывает существенное улучшение ключевых показателей эффективности (KPI). В частности, использование нейросетевых прогнозов позволяет снизить ошибку планирования на 15–20% по сравнению с традиционными методами скользящего среднего. Это ведет к сокращению складских остатков при одновременном повышении уровня готовности к поставке. Автоматизация рутинных процессов принятия решений высвобождает ресурсы персонала для решения стратегических задач развития бизнеса.

Важным аспектом является масштабируемость разрабатываемых решений. Современные облачные платформы позволяют развертывать аналитические модули без значительных затрат на собственную ИТ-инфраструктуру. Научные исследования, проводимые на базе НГТУ, направлены на создание гибридных алгоритмов, которые сочетают в себе точность машинного обучения и интерпретируемость классических математических методов, что повышает доверие управленческого звена к рекомендациям автоматизированных систем.

Заключение

Использование искусственного интеллекта в управлении цепочками поставок представляет собой мощный инструмент повышения эффективности современного предприятия. Способность алгоритмов обучаться на больших объемах данных и выдавать точные прогнозы в условиях неопределенности делает их незаменимыми для оптимизации складских запасов и логистических затрат. Дальнейшее развитие технологий в этой области будет связано с созданием сквозных интеллектуальных платформ, обеспечивающих прозрачность и синхронизацию всех участников цепи поставок в режиме реального времени.

Список литературы

1. Андрейчиков А. В., Андрейчикова О. Н. Интеллектуальные информационные системы. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 424 с.
2. Гаджинский А. М. Логистика: учебник для высших учебных заведений по направлению подготовки «Экономика». — 21-е изд. — М.: Дашков и К°, 2013. — 420 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2006. — 1104 с.
4. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. — 5th ed. — Financial Times Series, 2016. — 328 p.

УДК 616.36-004-036.12

ББК 54.13

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ НЕИНВАЗИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ФИБРОЗА ПЕЧЕНИ ПРИ ХРОНИЧЕСКИХ ДИФФУЗНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

Данилов Иван Николаевич
аспирант кафедры госпитальной терапии
Новосибирский государственный медицинский университет (НГМУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

Статья посвящена анализу современных возможностей неинвазивной оценки стадии фиброза печени у пациентов с хроническими вирусными гепатитами и неалкогольной жировой болезнью печени. Рассматриваются физические принципы транзистентной эластометрии, точечной эластографии сдвиговой волны и расчетных биохимических индексов. Проводится сравнение диагностической точности данных методов в сопоставлении с результатами пункционной биопсии, которая долгое время считалась эталонным методом. Обосновывается преимущество неинвазивного мониторинга для динамического наблюдения за пациентами и оценки эффективности проводимой противовирусной и гепатопротекторной терапии.

Ключевые слова: фиброз печени, неинвазивная диагностика, транзистентная эластометрия, эластография сдвиговой волны, стеатоз, хронический гепатит, цирроз печени, гастроэнтерология.

Введение

Прогрессирование фиброза печени является универсальным патологическим процессом при большинстве хронических заболеваний органа, приводящим к развитию цирроза, портальной гипертензии и гепатоцеллюлярной карциномы. Своевременное определение стадии фиброза имеет критическое значение для определения тактики лечения и прогноза заболевания. В течение многих десятилетий биопсия печени оставалась основным методом диагностики, однако её инвазивность, риск осложнений и возможность ошибки из-за малого объема получаемого материала (ошибка выборки) обусловили активный поиск альтернативных способов оценки состояния паренхимы.

В условиях современной клинической практики Новосибирска и других крупных медицинских центров приоритет отдается методам, которые позволяют проводить многократные исследования без риска для здоровья пациента.

Развитие ультразвуковых и лабораторных технологий привело к созданию точных инструментов, позволяющих с высокой достоверностью дифференцировать начальные стадии фиброза от выраженного рубцового процесса, что особенно важно в эпоху массового применения высокоэффективных препаратов прямого противовирусного действия.

Физические и биологические основы неинвазивных технологий

Ведущее место в диагностике занимает эластометрия — метод, основанный на измерении скорости распространения механических колебаний в тканях печени. Скорость прохождения волны напрямую зависит от плотности (жесткости) органа: чем более выражена соединительная ткань, тем быстрее распространяется импульс. Транзиентная эластометрия позволяет обследовать объем ткани, в сотни раз превышающий объем биоптата, что обеспечивает более репрезентативную картину состояния всего органа. Инновационные системы эластографии сдвиговой волны, интегрированные в аппараты экспертного класса, позволяют одновременно проводить визуализацию сосудов и паренхимы в режиме реального времени.

Дополнительным инструментом служат сывороточные биомаркеры и расчетные индексы, основанные на общедоступных показателях периферической крови (уровень трансаминаз, количество тромбоцитов, возраст пациента). Использование таких шкал, как APRI или FIB-4, в сочетании с инструментальными данными позволяет существенно повысить прогностическую ценность исследования. Эти методы особенно эффективны при массовых скрининговых обследованиях групп риска, позволяя выделить пациентов, нуждающихся в первоочередной специализированной помощи.

Клиническая значимость и перспективы применения

Интеграция неинвазивных методов в алгоритмы ведения гастроэнтерологических пациентов позволяет не только устанавливать стадию болезни, но и отслеживать обратное развитие фиброза на фоне успешного лечения. Современные исследования показывают, что при устранении этиологического фактора (например, эрадикации вируса гепатита С) фибротическая ткань способна к частичной резорбции, что отчетливо фиксируется при снижении показателей жесткости печени.

Перспективным направлением является внедрение многопараметрического ультразвукового исследования, включающего одновременную оценку жесткости (эластометрия) и степени жировой инфильтрации (стеатометрия). Для Новосибирского государственного медицинского университета развитие данных направлений является важной частью научной деятельности, направленной на совершенствование стандартов оказания помощи при социально значимых заболеваниях.

Дальнейшее накопление клинических данных позволит уточнить пороговые значения жесткости для различных этиологических форм поражения печени, делая диагностику еще более персонализированной.

Заключение

Неинвазивная диагностика фиброза печени прочно вошла в арсенал современной медицины, потеснив инвазивные вмешательства в рутинной практике. Сочетание эластографических методов с биохимическими маркерами обеспечивает высокую диагностическую точность и безопасность обследования. Широкое внедрение данных технологий в практику здравоохранения позволяет проводить раннюю диагностику цирроза печени и своевременно корректировать терапевтическую стратегию, что ведет к снижению инвалидизации и повышению выживаемости пациентов с хроническими диффузными заболеваниями печени.

Список литературы

1. Ивашкин В. Т., Маевская М. В., Павлов Ч. С. Клинические рекомендации Российского общества по изучению печени по диагностике и лечению неалкогольной жировой болезни печени. — М.: ММА, 2016. — 40 с.
2. Павлов Ч. С., Коновалова О. Н., Глушенков Д. В. Возможности эластометрии и фибротеста в диагностике фиброза печени. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 128 с.
3. Подымова С. Д. Болезни печени: руководство для врачей. — 5-е изд. — М.: Медицина, 2014. — 912 с.
4. Castera L., Forns X., Alberti A. Non-invasive evaluation of liver fibrosis using transient elastography. — *Journal of Hepatology*, 2008. — Vol. 48. — P. 835–847.

УДК 004.932:616-073.7

ББК 32.973

АЛГОРИТМЫ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ОПУХОЛЕВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Григорьев Максим Сергеевич

аспирант кафедры вычислительных систем

Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)

г. Новосибирск Россия

Воронина Юлия Алексеевна

студент 4 курса факультета автоматизации и вычислительной техники

Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)

г. Новосибирск Россия

Аннотация

В данной статье рассматриваются современные методы обработки медицинских изображений с использованием сверточных нейронных сетей для автоматического обнаружения патологических изменений на снимках компьютерной и магнитно-резонансной томографии. Анализируются архитектуры нейросетей, наиболее эффективные для задач сегментации опухолевых тканей и классификации их типов. Описаны проблемы, связанные с дефицитом размеченных медицинских данных, и предложены методы их решения на основе аугментации данных и трансферного обучения. Обосновывается значимость внедрения систем поддержки принятия врачебных решений на базе искусственного интеллекта для снижения нагрузки на специалистов-рентгенологов и повышения точности ранней диагностики онкологических заболеваний.

Ключевые слова: глубокое обучение, медицинская визуализация, нейронные сети, компьютерное зрение, компьютерная томография, сегментация изображений, искусственный интеллект в медицине, онкология.

Введение

Визуализация внутренних органов и тканей методами лучевой диагностики является фундаментальным инструментом современной онкологии. Однако стремительный рост объема диагностических данных, получаемых с помощью мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) и высокопольных МРТ-сканеров, создает серьезные вызовы для специалистов.

Огромное количество срезов, которые необходимо проанализировать врачу в сжатые сроки, повышает риск человеческой ошибки и пропуска мелкоочаговых образований на ранних стадиях, когда эффективность лечения наиболее высока.

В этом контексте разработка автоматизированных систем анализа медицинских изображений на базе глубокого обучения становится одним из наиболее приоритетных направлений на стыке информационных технологий и здравоохранения. Новосибирские исследовательские группы активно работают над созданием программных комплексов, способных выступать в роли «второго мнения» для врача, подсвечивая подозрительные участки и проводя предварительные измерения параметров новообразований, что существенно ускоряет процесс постановки диагноза.

Архитектурные особенности нейронных сетей для медицины

Для анализа медицинских снимков наиболее эффективно применение сверточных нейронных сетей (CNN) с архитектурой типа U-Net, специально разработанной для сегментации биомедицинских изображений. Данная архитектура позволяет не только классифицировать наличие патологии, но и с высокой точностью выделять контуры пораженных участков на уровне пикселей или вокселей. Важным преимуществом является использование симметричного пути сжатия и восстановления пространственного разрешения, что критично для сохранения мелких деталей структуры тканей.

Одной из главных сложностей в обучении таких систем остается несбалансированность выборок и ограниченное количество верифицированных экспертами снимков. Для преодоления этих ограничений применяется трансферное обучение (transfer learning), при котором модель предварительно обучается на огромных наборах данных общего назначения, а затем донастраивается на специализированном медицинском датасете. Также используются генеративно-состязательные сети (GAN) для создания синтетических примеров патологий, что позволяет расширить обучающее множество и повысить обобщающую способность алгоритмов.

Клиническая интерпретация и интеграция в практику

Ключевым требованием к медицинскому искусственному интеллекту является интерпретируемость принимаемых решений. Системы должны не просто выдавать вероятность заболевания, но и визуализировать так называемые «карты внимания» (attention maps), показывающие, какие именно признаки на изображении привели к формированию заключения. Это позволяет врачу-радиологу быстро верифицировать результат работы алгоритма и принять окончательное решение.

Программные комплексы, интегрированные в системы архивации и передачи изображений (PACS), позволяют автоматизировать расчет динамики роста опухолей между последовательными обследованиями, что крайне важно для оценки эффективности проводимой химиотерапии. Исследования, проводимые на базе НГТУ совместно с медицинскими центрами, показывают, что внедрение таких интеллектуальных помощников позволяет сократить время описания одного исследования на 30–40% при одновременном росте выявляемости новообразований размером менее 5 мм.

Заключение

Применение алгоритмов глубокого обучения в медицинской визуализации знаменует переход к высокотехнологичной диагностике, способной распознавать патологические изменения на доклинических стадиях. Разработка специализированных архитектур нейронных сетей и методов их обучения на малых выборках открывает путь к созданию надежных инструментов поддержки врачебных решений. Дальнейшее развитие направления будет связано с созданием мультимодальных систем, способных одновременно анализировать данные томографии, результаты генетических тестов и клинические показатели пациента для максимально точного прогнозирования течения заболевания.

Список литературы

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. — М.: Техносфера, 2005. — 1072 с.
2. Николенко С., Кадури А., Архангельская Е. Глубокое обучение. — СПб.: Питер, 2018. — 480 с.
3. Чолле Ф. Глубокое обучение на Python. — СПб.: Питер, 2018. — 400 с.
4. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. — Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, 2015. — P. 234–241.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ В ЗАДАЧАХ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАФИКА В САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ

Бондар Мария Владимировна

студент 4 курса факультета автоматики и вычислительной техники
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В данной статье исследуется применение алгоритмов глубокого обучения с подкреплением (Deep Reinforcement Learning) для решения задач оптимизации маршрутов в мобильных самоорганизующихся сетях (MANET). Рассматриваются механизмы адаптивного выбора путей передачи данных в условиях высокой динамики топологии сети и ограниченности энергетических ресурсов узлов. Описана архитектура нейронной сети, способной обучаться оптимальным стратегиям управления трафиком на основе текущих метрик качества обслуживания, таких как задержка, джиттер и вероятность потери пакетов. Результаты моделирования подтверждают превосходство предлагаемого подхода над классическими протоколами маршрутизации по критериям пропускной способности и устойчивости к отказам узлов.

Ключевые слова: самоорганизующиеся сети, маршрутизация трафика, обучение с подкреплением, нейронные сети, MANET, качество обслуживания, интеллектуальные системы связи, беспроводные технологии.

Введение

Современные инфокоммуникационные системы все чаще опираются на децентрализованные архитектуры, где мобильные узлы самостоятельно формируют сетевую структуру без участия стационарных базовых станций. Подобные самоорганизующиеся сети находят применение в зонах чрезвычайных ситуаций, при развертывании временных систем связи на массовых мероприятиях и в рамках концепции тактического интернета. Однако высокая мобильность узлов и нестабильность беспроводного канала создают значительные трудности для поддержания актуальных таблиц маршрутизации, что ведет к деградации качества связи. Традиционные протоколы, использующие реактивные или проактивные механизмы обновления путей, часто не успевают адаптироваться к мгновенным изменениям топологии, порождая избыточный служебный трафик.

Суть предлагаемого подхода заключается в представлении процесса маршрутизации как задачи принятия последовательных решений в марковском процессе. Интеллектуальный агент, размещенный на каждом узле сети, получает вознаграждение за успешную доставку пакета с минимальной задержкой и штрафуются за потерю данных или неэффективное использование полосы пропускания. Использование глубоких Q-сетей (DQN) позволяет аппроксимировать функцию ценности состояний, что дает возможность принимать оптимальные решения даже в сетях с большим количеством узлов, где перебор всех возможных путей невозможен. Входными данными для нейронной сети служат локальные параметры узла: уровень заряда батареи, состояние очередей в портах и мощность сигнала от соседних узлов. В процессе обучения агент накапливает опыт взаимодействия со средой, формируя стратегию «исследование-эксплуатация», которая позволяет находить новые, потенциально более выгодные маршруты в обход перегруженных или нестабильных участков. Это обеспечивает высокую живучесть сети при внезапном выходе из строя части приемопередатчиков.

Для оценки эффективности интеллектуальной маршрутизации было проведено имитационное моделирование в среде NS-3 с использованием библиотеки OpenAI Gym. Сценарии тестирования включали различную плотность узлов и варьируемую скорость их перемещения. Полученные данные свидетельствуют о том, что алгоритмы на основе обучения с подкреплением позволяют достичь более высокой средней пропускной способности при меньшем потреблении энергии по сравнению с классическими протоколами типа AODV или DSR. Особенно заметное преимущество наблюдается в сценариях с неоднородным распределением нагрузки, где ИИ-агент эффективно балансирует потоки данных.

Важным аспектом реализации является снижение вычислительной сложности алгоритма для возможности его запуска на встроенных системах связи с ограниченными ресурсами. Использование методов дистилляции моделей и оптимизированных математических библиотек позволяет интегрировать нейросетевые модули непосредственно в стек сетевых протоколов. Дальнейшие исследования в этой области в рамках программ НГТУ направлены на создание гибридных систем, сочетающих надежность классических алгоритмов с гибкостью искусственного интеллекта.

Заключение

Применение глубокого обучения с подкреплением открывает новые возможности для создания адаптивных и отказоустойчивых систем беспроводной связи. Способность алгоритмов самостоятельно выстраивать стратегии маршрутизации в условиях неопределенности делает их незаменимыми для перспективных сетей пятого и шестого поколений.

Развитие данного направления будет способствовать созданию полностью автономных систем связи, способных эффективно функционировать в самых сложных эксплуатационных условиях, обеспечивая надежный обмен информацией между мобильными пользователями и автономными техническими средствами.

Список литературы

1. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. — 5-е изд. — СПб.: Питер, 2016. — 992 с.
2. Саттон Р., Барто Э. Обучение с подкреплением: Введение. — Пер. с англ. — М.: БИНОМ, 2014. — 400 с.
3. Прохоров Г. В., Колбеев В. В. Системы мобильной связи. — М.: Горячая линия — Телеком, 2011. — 256 с.
4. Mnih V., Kavukcuoglu K., Silver D. et al. Human-level control through deep reinforcement learning. — Nature, 2015. — Vol. 518. — P. 529–533.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ В КОНЦЕПЦИИ SMART GRID

Беляев Алексей Владимирович

Преподаватель кафедры электротехнических комплексов
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В данной статье рассматриваются архитектурные особенности и алгоритмическое обеспечение интеллектуальных систем поддержки принятия решений (ИСППР) для оперативного управления распределительными электрическими сетями. Исследуются методы интеграции экспертных систем и алгоритмов машинного обучения для анализа больших потоков данных, поступающих от интеллектуальных приборов учета. Особое внимание уделено задаче автоматического обнаружения повреждений и самовосстановления сети (Self-healing). Описаны подходы к прогнозированию графиков нагрузки и оптимизации потокораспределения в условиях активного внедрения распределенной генерации и накопителей энергии.

Ключевые слова: интеллектуальные сети, Smart Grid, системы поддержки принятия решений, электроэнергетика, машинное обучение, распределенная генерация, надежность электроснабжения, автоматизация.

Введение

Традиционная парадигма управления электрическими сетями, основанная на централизованной генерации и однонаправленных потоках мощности, претерпевает радикальные изменения. Концепция Smart Grid предполагает создание гибкой, саморегулирующейся системы, в которой потребители могут выступать в роли активных участников (просьюмеров), а сеть насыщается устройствами силовой электроники и средствами цифрового мониторинга. В этих условиях объем информации, поступающей к диспетчеру, возрастает экспоненциально, что делает невозможным принятие быстрых и безошибочных решений без помощи интеллектуальных систем.

Основным функциональным блоком ИСППР является модуль предиктивной аналитики, использующий ансамбли алгоритмов машинного обучения (Gradient Boosting, Random Forest) для краткосрочного прогнозирования электропотребления. Это позволяет системе заранее выявлять потенциальные

перегрузки линий и трансформаторов, предлагая варианты превентивного перераспределения мощности. Важную роль играет обработка данных от интеллектуальных счетчиков (AMI), которые позволяют локализовать место повреждения без выезда оперативной бригады, анализируя изменения параметров напряжения в узлах.

Вторая ключевая функция — реализация логики самовосстановления. В случае аварийного отключения участка линии, ИСППР в считанные секунды анализирует текущие запасы мощности на смежных фидерах и формирует последовательность команд для коммутационных аппаратов с целью восстановления питания максимального числа потребителей. При этом система учитывает наличие в сети установок распределенной генерации (солнечных панелей, ветрогенераторов) и систем накопления энергии, которые могут временно работать в островном режиме, поддерживая работу социально значимых объектов.

Внедрение систем поддержки принятия решений требует создания единого информационного пространства на базе протоколов серии МЭК 61850. Это обеспечивает бесшовную интеграцию между микропроцессорными устройствами защиты, контроллерами телемеханики и верхним уровнем управления. Разрабатываемые в НГТУ программные модули ориентированы на открытую архитектуру, что упрощает их внедрение в существующие диспетчерские системы (SCADA/DMS).

Заключение

Развитие интеллектуальных систем поддержки принятия решений является необходимым условием перехода к энергетике будущего. Сочетание передовых методов анализа данных и современных цифровых технологий связи позволяет создавать электрические сети, способные к эффективному самоуправлению и адаптации к постоянно меняющимся внешним условиям. Реализация подобных проектов способствует не только повышению надежности энергоснабжения, но и создает технологическую основу для интеграции экологически чистых источников энергии в общую энергетическую систему региона.

Список литературы

1. Герасименко А. А., Федин В. Г. Передача и распределение электрической энергии. — Ростов н/Д: Феникс, 2008. — 715 с.
2. Кобец Б. Б., Волкова И. О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. — М.: ИАЦ Энергия, 2010. — 208 с.
3. Воропай Н. И. Системные исследования в энергетике. — Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2013. — 242 с.

УДК 550.834:553.98

ББК 26.325.4

СЕЙСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАЗВЕДКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Джепбарова Гульбахар

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета
нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Назгылыджова Селби

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета
нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Аннотация

В тезисе рассматриваются основные сейсмические методы разведки нефтяных месторождений — метод общей глубинной точки, трёхмерная и мониторинговая (4D) сейсморазведка, AVO-анализ и сейсмическая инверсия. Анализируются современные тенденции развития отрасли: широкополосная сейсморазведка, многокомпонентная регистрация и применение методов машинного обучения при обработке и интерпретации данных. Показана роль сейсморазведки как ключевого инструмента геофизического изучения нефтяных залежей на различных стадиях освоения месторождений.

Ключевые слова: сейсморазведка, метод общей глубинной точки, 3D-сейсмика, 4D-сейсмика, AVO-анализ, сейсмическая инверсия, нефтяное месторождение, геофизика, машинное обучение

Введение

Разведка нефтяных и газовых месторождений является одной из ключевых задач современной геофизики. В условиях истощения легкодоступных запасов углеводородного сырья и смещения добычи в сложные геологические условия — глубоководные акватории, арктические регионы, низкопроницаемые коллекторы — роль высокоточных геофизических методов неуклонно возрастает. Среди всего комплекса геофизических методов сейсморазведка занимает доминирующее положение благодаря своей информативности, масштабируемости и возможности получения детальной трёхмерной картины строения недр на значительных глубинах.

Основные сейсмические методы и их применение

Сейсморазведка основана на изучении характеристик упругих волн, распространяющихся в земной коре. При отражении и преломлении на границах раздела пород с различными акустическими свойствами волны несут информацию о геологическом строении разреза. Метод отражённых волн (МОВ), в особенности его вариант с общей глубинной точкой (ОГТ), является сегодня основным инструментом структурной сейсморазведки. Применение многократного перекрытия при записи сейсмических данных позволяет существенно повысить отношение сигнал/шум и получить достоверные сейсмические разрезы на глубинах до 8–10 км.

Трёхмерная сейсморазведка (3D-сейсмика) произвела революцию в практике разведки месторождений, обеспечив возможность построения объёмных геологических моделей залежей с высоким пространственным разрешением. Совместный анализ кинематических и динамических параметров сейсмических волн (AVO-анализ, сейсмическая инверсия) позволяет не только выявлять антиклинальные и неантиклинальные ловушки, но и прогнозировать литологический состав коллекторов и характер насыщения пластов-коллекторов. В последние десятилетия активно развивается мониторинговая (4D) сейсморазведка, предназначенная для контроля процессов разработки залежей: повторные сейсмические съёмки позволяют отслеживать перемещение флюидных контактов и оценивать эффективность методов повышения нефтеотдачи пласта.

Современные тенденции и технологические инновации

Технологическое развитие сейсморазведки в последние годы определяется несколькими ключевыми направлениями. Широкополосная сейсморазведка (broadband seismic) обеспечивает запись данных в расширенном диапазоне частот, что существенно улучшает как разрешающую способность метода, так и глубинность исследований. Использование донных сейсмических станций и кос с многокомпонентными приёмниками (ОВС, ОВН) открывает возможности для регистрации обменных волн и анализа сейсмической анизотропии — важнейшего параметра при изучении трещинных коллекторов.

Принципиально новым направлением является применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта на всех этапах обработки и интерпретации сейсмических данных. Нейросетевые алгоритмы успешно применяются для автоматизации трассировки горизонтов и разломов, классификации сейсмических фаций, прямого прогноза петрофизических параметров по сейсмическим атрибутам.

Заключение

Сейсмические методы разведки нефтяных месторождений демонстрируют устойчивое развитие, обусловленное как совершенствованием аппаратурно-методической базы, так и внедрением передовых алгоритмов обработки и интерпретации данных. Синергия традиционных геофизических подходов с технологиями машинного обучения, цифрового моделирования и многокомпонентной регистрации открывает новые возможности для повышения эффективности разведки и разработки нефтегазовых залежей в сложных геологических условиях. Дальнейшее развитие данного направления представляется стратегически значимым для обеспечения энергетической безопасности и рационального освоения минерально-сырьевой базы.

Список литературы

1. Шерифф Р., Гелдарт Л. Разведочная сейсмология. — М.: Мир, 1987. — Т. 1–2.
2. Мушин И.А., Бродов Л.Ю., Козлов Е.А., Хатьянов Ф.И. Структурно-формационная интерпретация сейсмических данных. — М.: Недра, 1990.
3. Chopra S., Marfurt K.J. Seismic Attributes for Prospect Identification and Reservoir Characterization. — SEG, 2007. — 457 p.
4. Avseth P., Mukerji T., Mavko G. Quantitative Seismic Interpretation. — Cambridge University Press, 2010. — 359 p.

УДК 622.243.2:539.3

ББК 26.325.4

ГЕОМЕХАНИКА И НАПРЯЖЁННОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Гылыджова Бахаргуль

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета
нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Джепбарова Гульбахар

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета
нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Аннотация

В работе рассмотрены компоненты тензора напряжений горного массива и методы их определения — мини-ГРП, расширенные испытания на приёмистость, акустический телевизор и данные каротажа. Описаны принципы построения одно- и трёхмерных геомеханических моделей и их практическое применение при проектировании безопасного окна плотности бурового раствора и операций гидравлического разрыва пласта. Подчёркнута значимость геомеханического моделирования при разработке низкопроницаемых и нетрадиционных коллекторов.

Ключевые слова: геомеханика, напряжённо-деформированное состояние, гидравлический разрыв пласта, геомеханическая модель, устойчивость скважины, буровой раствор, литостатическое давление, трещинный коллектор

Введение

Геомеханика горных пород занимает важное место в системе наук о нефтегазовых месторождениях. Знание напряжённо-деформированного состояния (НДС) массива горных пород необходимо для решения широкого круга практических задач: проектирования траекторий скважин, предотвращения осложнений при бурении, гидравлического разрыва пласта (ГРП), прогнозирования subsidирования и сдвиговых деформаций в процессе разработки.

Недооценка геомеханических рисков приводит к значительным экономическим потерям вследствие поглощений бурового раствора, обвалов стенок скважин, неконтролируемого развития трещин ГРП и преждевременного обводнения продуктивных горизонтов.

Актуальность геомеханических исследований неуклонно возрастает в связи с освоением месторождений в осложнённых геологических условиях: на больших глубинах, в зонах аномально высоких пластовых давлений (АВПД), а также при разработке нетрадиционных источников углеводородов — плотных песчаников и сланцевых формаций. В последних геомеханическое моделирование является фундаментом для оптимизации программ многостадийного ГРП в горизонтальных скважинах.

Компоненты напряжённого состояния и методы их определения

Напряжённое состояние горного массива в окрестности нефтяного месторождения описывается тензором напряжений, главными компонентами которого являются вертикальное (литостатическое) напряжение S_v , максимальное горизонтальное напряжение S_{Hmax} и минимальное горизонтальное напряжение S_{Hmin} . Соотношение этих компонент определяет режим тектонических напряжений — нормального сброса, сдвига или взброса — и оказывает решающее влияние на устойчивость ствола скважины и ориентацию трещин гидравлического разрыва.

Для оценки компонент тензора напряжений применяется комплекс методов. Вертикальное напряжение рассчитывается путём интегрирования плотностного каротажа по разрезу скважины. Минимальное горизонтальное напряжение определяется по результатам мини-ГРП и расширенных испытаний на приёмистость (XLOT). Максимальное горизонтальное напряжение оценивается косвенными методами — по анализу каверн и трещин на стенках скважин (данные шестирычажного каверномера и акустического телевизора), а также по наблюдению за разрушением призабойной зоны. Важнейшим источником информации о напряжениях служат данные скважинной сейсмики и пассивного сейсмического мониторинга.

Геомеханическое моделирование и его применение

Интеграция результатов лабораторных испытаний керна, данных каротажа и прямых измерений напряжений позволяет построить одномерную геомеханическую модель (1D MEM) скважины. На её основе определяется безопасное окно плотности бурового раствора — диапазон давлений, при котором обеспечивается устойчивость стенок скважины без поглощений и флюидопроявлений.

Расширение до трёхмерной геомеханической модели (3D MEM) с привлечением сейсмических данных открывает возможность межскважинной интерполяции геомеханических параметров и прогноза зон геомеханического риска на площади месторождения.

Особую практическую значимость геомеханика приобретает при планировании операций ГРП. Ориентация и размеры создаваемых трещин, их взаимодействие с естественной трещиноватостью коллектора и параллельными скважинами определяются прежде всего параметрами поля напряжений. Анализ геомеханической обстановки на стадии проектирования позволяет выбрать оптимальную азимутальную ориентацию горизонтального ствола, обеспечивающую поперечную ориентацию создаваемых трещин и максимальный охват дренируемого объёма пласта. Кроме того, учёт геомеханических ограничений необходим при оценке целостности кровли — покрышки залежи — в условиях изменяющихся пластовых давлений в ходе нагнетания и добычи флюидов.

Заключение

Геомеханика горных пород нефтяных месторождений представляет собой динамично развивающуюся область, находящуюся на стыке геологии, петрофизики, механики сплошной среды и инженерии разработки. Системное изучение напряжённо-деформированного состояния пород на всех стадиях жизненного цикла месторождения — от разведки до поздней стадии разработки — является необходимым условием безаварийного бурения, эффективной стимуляции пластов и долгосрочной стабильной добычи углеводородного сырья. Внедрение цифровых геомеханических моделей в практику проектирования обеспечивает значительный экономический эффект за счёт снижения рисков осложнений и оптимизации технологических решений.

Список литературы

1. Zoback M.D. Reservoir Geomechanics. — Cambridge University Press, 2010. — 449 p.
2. Алексеев А.Д., Сеницын В.В. Геомеханика нефтяных и газовых скважин. — М.: Недра, 2004. — 312 с.
3. Fjaer E., Holt R.M., Horsrud P. et al. Petroleum Related Rock Mechanics. — 2nd ed. — Elsevier, 2008. — 514 p.
4. Fjær E. Static and dynamic moduli of a weak sandstone // Geophysics. — 2009. — Vol. 74, № 2. — P. WA103–WA112.

УДК 550.832:553.98

ББК 26.325.4

КАРОТАЖ СКВАЖИН И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КАРОТАЖНЫХ ДАННЫХ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ: МЕТОДОЛОГИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ

Дурдымырадова Оразтяч

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета
нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Реджепова Огулсона

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета
нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Аннотация

Тезис посвящён методологии геофизических исследований скважин и комплексной интерпретации каротажных данных. Рассмотрены основные виды каротажа — электрический, радиоактивный, акустический, плотностной, ЯМР и скважинные имиджеры — с анализом их петрофизической информативности. Освещены современные подходы к интерпретации: применение методов машинного обучения, совместная сейсмо-петрофизическая инверсия и технологии измерений в процессе бурения (LWD/MWD).

Ключевые слова: геофизические исследования скважин, петрофизика, электрический каротаж, ядерно-магнитный резонанс, акустический каротаж, сейсмическая инверсия, LWD/MWD, нефтенасыщенность

Введение

Каротаж скважин (геофизические исследования скважин, ГИС) представляет собой совокупность методов изучения геологического разреза и технического состояния буровых скважин с помощью специализированной аппаратуры, спускаемой в скважину на кабеле или в составе компоновки бурильного инструмента. Каротажные данные являются основным первичным источником информации о петрофизических свойствах горных пород в межскважинном пространстве и служат фундаментом для построения геологических и гидродинамических моделей нефтяных месторождений.

Значимость геофизических исследований скважин определяется уникальной возможностью непрерывного изучения разреза на всю глубину скважины при относительно невысоких затратах по сравнению с отбором и анализом керна.

В условиях современного недропользования, когда разрабатываются месторождения со сложным геологическим строением и ухудшенными коллекторскими свойствами, комплексная интерпретация многопараметрических каротажных данных приобретает первостепенное значение для достоверной оценки запасов углеводородов.

Основные виды каротажа и их информативность

Стандартный комплекс геофизических исследований нефтяной скважины включает несколько принципиально различных методов, каждый из которых несёт самостоятельную петрофизическую информацию. Методы электрического каротажа — боковое каротажное зондирование (БКЗ), боковой каротаж (БК), индукционный каротаж (ИК) — позволяют определять удельное электрическое сопротивление горных пород и пластовых флюидов, что является ключевым параметром при оценке нефтенасыщенности коллекторов. Радиоактивный каротаж (гамма-каротаж, нейтронный каротаж) обеспечивает оценку глинистости разреза, пористости и литологического состава пород. Акустический каротаж регистрирует скорость распространения упругих волн в породах, что используется как для определения пористости, так и для геомеханических расчётов и сейсмо-геологической увязки.

Плотностной каротаж (гамма-гамма каротаж) позволяет с высокой точностью определять объёмную плотность пород и в комбинации с нейтронным каротажом идентифицировать характер флюидного насыщения. Ядерно-магнитный резонансный каротаж (ЯМР) обеспечивает прямое измерение распределения пор по размерам, свободного и связанного флюида, что существенно повышает надёжность оценки фильтрационно-ёмкостных свойств коллекторов, особенно в карбонатных и сложных терригенных разрезах. Скважинные имиджеры (акустический и электрический телевизоры) формируют ориентированное изображение стенок скважины, обеспечивая изучение естественной трещиноватости, текстурных особенностей пород и ориентации напряжений.

Интерпретация каротажных данных и петрофизическое моделирование

Интерпретация данных ГИС включает несколько последовательных этапов: качественный анализ и корреляцию разрезов скважин, количественную петрофизическую интерпретацию с определением пористости, проницаемости, глинистости и насыщенности, а также комплексирование каротажных данных с результатами лабораторного анализа керна. Петрофизическая модель, связывающая каротажные параметры с коллекторскими свойствами пород, строится на основе кернавого калибровочного набора и верифицируется по данным опробования пластов и результатам пробной эксплуатации скважин.

Существенный прогресс в интерпретации каротажных данных обеспечивает применение методов машинного обучения: нейронные сети и алгоритмы случайного леса успешно используются для фациального анализа, прогноза проницаемости и литологической классификации в условиях сложных и неоднородных коллекторов. Интеграция результатов ГИС с данными трёхмерной сейсморазведки в рамках петрофизической сейсмической инверсии позволяет распространить скважинную информацию на межскважинное пространство и существенно повысить детальность геологических моделей. Технологии измерений в процессе бурения (LWD/MWD) открывают возможность оперативной корректировки траектории скважины в режиме реального времени на основе каротажных данных, что особенно важно при проводке горизонтальных и разветвлённых скважин в тонких продуктивных пластах.

Заключение

Каротаж скважин и интерпретация геофизических данных остаются незаменимым инструментом изучения нефтяных месторождений на всех стадиях их освоения — от разведочного бурения до мониторинга разработки. Непрерывное совершенствование аппаратной базы, расширение спектра измеряемых физических параметров и внедрение интеллектуальных методов интерпретации обеспечивают устойчивый рост информативности геофизических исследований скважин. Комплексный подход к обработке и совместной инверсии разнородных данных ГИС в сочетании с кернаым анализом и гидродинамическими испытаниями формирует надёжную основу для достоверной оценки запасов и эффективного проектирования разработки нефтяных залежей.

Список литературы

1. Дахнов В.Н. Геофизические методы определения коллекторских свойств и нефтегазонасыщения горных пород. — М.: Недра, 1985. — 310 с.
2. Элланский М.М. Петрофизические связи и комплексная интерпретация данных промысловой геофизики. — М.: Недра, 1978. — 224 с.
3. Bassiouni Z. Theory, Measurement and Interpretation of Well Logs. — SPE Textbook Series, Vol. 4. — Richardson: SPE, 1994. — 372 p.
4. Rider M., Kennedy M. The Geological Interpretation of Well Logs. — 3rd ed. — Rider-French Consulting Ltd., 2011. — 432 p.

УДК 550.831+550.838:553.98

ББК 26.325.4

ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ МЕТОДЫ РАЗВЕДКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Хабылов Ресул

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета
нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Нурмаммедов Бердимаммет

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета
нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Аннотация

В тезисе анализируется роль гравиметрических и магнитных методов в системе нефтегазопоисковых работ. Рассмотрены физические основы методов, их применение для картирования осадочного чехла, соляных структур, рифовых массивов и поверхности фундамента. Описаны современные технологии воздушной и морской съёмки, градиентометрия, 4D-гравиметрический мониторинг разрабатываемых залежей и явление редукции магнитного поля над нефтяными скоплениями.

Ключевые слова: гравиметрия, магниторазведка, потенциальные методы, плотностная неоднородность, соляной диапир, кристаллический фундамент, 4D-гравиметрия, нефтегазоносный бассейн

Введение

Гравиметрия и магнитометрия относятся к числу наиболее давно применяемых геофизических методов изучения земных недр. Несмотря на то что в разведке нефтяных и газовых месторождений ведущая роль принадлежит сейсморазведке, потенциальные методы — гравиметрический и магнитный — сохраняют устойчивое прикладное значение как на стадии региональных исследований, так и при решении локальных структурных и литологических задач. Их ключевые преимущества — высокая производительность полевых работ, относительная экономичность и возможность проведения съёмок в труднодоступных районах, в том числе с воздушных и морских платформ.

В последние десятилетия интерес к потенциальным методам заметно возрос в связи с развитием высокоточной аппаратуры, совершенствованием технологий обработки данных и расширением области применения — прежде всего в

шельфовых и арктических регионах, где использование сейсморазведки сопряжено с существенными техническими и экономическими ограничениями.

Гравиметрический метод в нефтяной геологии

Гравиметрический метод основан на изучении вариаций ускорения силы тяжести, обусловленных неоднородностью плотностного строения земной коры. Осадочные породы, слагающие нефтегазоносные бассейны, характеризуются, как правило, пониженной плотностью по сравнению с породами фундамента и метаморфического основания, что создаёт региональные гравитационные аномалии, отражающие мощность и строение осадочного чехла. На локальном уровне гравиметрия эффективно применяется для картирования соляных диапиров и других структур низкой плотности, традиционно являющихся ловушками для углеводородов, а также для выделения рифовых массивов в карбонатных разрезах.

Современная высокоточная гравиметрия, включая градиентометрию — измерение компонент тензора градиента силы тяжести — существенно расширила разрешающую способность метода. Воздушная гравиметрическая съёмка с применением инерциальных систем навигации и дифференциальной спутниковой геодезии обеспечивает точность измерений на уровне единиц миллигал при пространственном разрешении, достаточном для решения структурных задач. Морская гравиметрия в режиме реального времени стала стандартным элементом комплексных геофизических работ на шельфе. Гравиметрический мониторинг разрабатываемых месторождений (4D-гравиметрия) позволяет отслеживать перераспределение флюидных масс в пласте в процессе добычи и нагнетания, дополняя данные 4D-сеймики.

Магниторазведка и её применение при поисках нефтяных структур

Метод магниторазведки основан на изучении аномалий геомагнитного поля, вызванных неоднородным намагничением пород. Хотя нефть и газ непосредственно не создают магнитных аномалий, магниторазведка широко применяется в нефтяной геологии для решения ряда важных задач. Прежде всего это картирование поверхности кристаллического фундамента, определение мощности осадочного чехла и выявление крупных разрывных нарушений — факторов, контролирующих нефтегазоносность бассейна в целом. Магнитные аномалии позволяют идентифицировать внедрения магматических пород в осадочный разрез, которые могут служить как экранами для залежей, так и термальными источниками, повлиявшими на созревание органического вещества.

Особый интерес представляет явление редукции магнитного поля над нефтяными залежами, связанное с диагенетическими преобразованиями пород под воздействием углеводородных флюидов — образованием минералов с

пониженной магнитной восприимчивостью в результате восстановительных геохимических реакций. Метод высокоточной магниторазведки совместно с геохимическими съёмками применяется для прямых поисков залежей углеводородов, хотя его самостоятельная эффективность в этом отношении остаётся предметом научной дискуссии. Воздушная и спутниковая магнитная съёмка незаменима при региональном тектоническом районировании нефтегазоносных провинций и прогнозе новых зон нефтегазоаккумуляции.

Заключение

Гравиметрические и магнитные методы разведки занимают устойчивое место в арсенале геофизических технологий нефтяной отрасли. Являясь экономически эффективными методами регионального и поискового этапов, они обеспечивают информацию, принципиально недоступную для сейсморазведки, — прежде всего о плотностном и магнитном строении верхней коры в целом. Комплексирование потенциальных методов с сейсморазведкой и данными ГИС в рамках совместной инверсии и геологического моделирования обеспечивает синергетический эффект и повышает достоверность прогноза нефтегазоносности. Дальнейшее развитие высокоточной аппаратуры, технологий воздушной и спутниковой съёмки, а также методов совместной интерпретации разнородных геофизических данных открывает новые перспективы для применения гравиметрии и магниторазведки в условиях глубоководного шельфа и арктических акваторий.

Список литературы

1. Блох Ю.И. Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий. — М.: МГГА, 2009. — 232 с.
2. Страхов В.Н., Лапина М.И. Методы решения обратной задачи гравиметрии и магнитометрии. — М.: Наука, 1986. — 240 с.
3. Nabighian M.N. et al. The historical development of the gravity method in exploration // *Geophysics*. — 2005. — Vol. 70, № 6. — P. 63–89.
4. Telford W.M., Geldart L.P., Sheriff R.E. *Applied Geophysics*. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 1990. — 792 p.

УДК 553.98:551.3

ББК 26.325.4

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ НЕФТЕНОСНЫХ ПЛАСТОВ: ФАКТОРЫ НЕОДНОРОДНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ

Маменова Огулсенем

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Нурмаммедов Бердимаммет

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Аннотация

В работе рассмотрены литологические типы нефтеносных коллекторов — терригенные, карбонатные и трещинные — и закономерности их пространственной неоднородности, обусловленные условиями осадконакопления и постседиментационными преобразованиями. Описан комплекс методов изучения строения пластов: седиментологический анализ керна, послонная корреляция по данным ГИС, фадиальный анализ сейсмических атрибутов и геостатистическое трёхмерное моделирование. Показана роль детального геологического моделирования в оценке запасов и проектировании разработки.

Ключевые слова: нефтеносный пласт, неоднородность коллектора, терригенный коллектор, карбонатный коллектор, седиментология, геостатистика, геологическое моделирование, фадиальный анализ

Введение

Геологическое строение нефтеносных пластов определяет все ключевые параметры залежи — объём извлекаемых запасов, режим фильтрации флюидов, эффективность методов воздействия на пласт и конечный коэффициент нефтеотдачи. Детальное изучение литологии, стратиграфии и внутренней архитектуры продуктивных горизонтов является необходимым условием построения достоверных геологических и гидродинамических моделей, на основе которых проектируется система разработки месторождения.

Неоднородность пластов — как вертикальная, так и латеральная — представляет собой главный фактор, обуславливающий неравномерный охват залежи разработкой и преждевременное обводнение добывающих скважин.

Изучение геологического строения нефтеносных пластов приобретает особую актуальность на месторождениях с длительной историей разработки, где необходимо выявление неохваченных дренированием застойных зон, уточнение положения флюидных контактов и обоснование мероприятий по повышению нефтеотдачи. Не менее важна эта задача и при освоении новых месторождений со сложным литологическим строением — карбонатных, трещинных и терригенных коллекторов с высокой степенью неоднородности.

Литологические типы коллекторов и их геологические характеристики

Нефтеносные пласты формируются в различных литологических типах горных пород, каждый из которых обладает специфическим строением порового пространства и закономерностями пространственной изменчивости коллекторских свойств. Терригенные коллекторы — песчаники и алевролиты — наиболее распространены в осадочных бассейнах и характеризуются, как правило, межзерновой пористостью с относительно предсказуемыми фильтрационно-ёмкостными свойствами. Их неоднородность определяется условиями осадконакопления: флювиальные, дельтовые и прибрежно-морские фации формируют принципиально различные по геометрии и связности тела коллекторов — от выдержанных пластов до линзовидных тел ограниченного распространения.

Карбонатные коллекторы — известняки и доломиты — отличаются двойной и тройной системой пустотного пространства: межзерновая и межкристаллическая пористость сочетается с кавернозностью и трещиноватостью, причём именно трещины нередко определяют основные пути фильтрации флюидов при относительно низкой матричной проницаемости. Генезис карбонатных коллекторов — рифовый, биогермный, доломитизированный — существенно влияет на характер их пространственного распределения. Трещинные и кавернозно-трещинные коллекторы в породах фундамента и уплотнённых осадочных образованиях представляют особый тип, изучение которого требует специальных методологических подходов — как при полевых геофизических работах, так и при лабораторном анализе кернa.

Методы изучения неоднородности нефтеносных пластов

Комплексное изучение геологического строения нефтеносных пластов включает несколько взаимодополняющих групп методов. Седиментологический анализ кернa и шлама позволяет восстановить обстановку осадконакопления, выделить генетические типы пород и установить закономерности вертикального строения

разреза. Результаты послойной корреляции скважин по данным каротажа обеспечивают построение геологических профилей и карт, отражающих латеральную изменчивость коллекторских горизонтов. Трёхмерная сейсмическая съёмка с применением методов сейсмической стратиграфии и фациального анализа атрибутов расширяет возможности межскважинной корреляции и прогноза зон улучшенных коллекторских свойств.

Количественная оценка неоднородности продуктивных пластов осуществляется с применением геостатистических методов — вариограммного анализа, кригинга и стохастического моделирования, — позволяющих корректно воспроизвести пространственную структуру изменчивости пористости и проницаемости при построении трёхмерных геологических моделей. Гидродинамические исследования скважин (КВД, КПД) и межскважинная трассировка потоков при нагнетании индикаторов служат независимым источником информации о проницаемостной неоднородности и наличии высокопроницаемых каналов фильтрации. Интеграция всех перечисленных данных в рамках единой геологической модели залежи, постоянно обновляемой по мере получения новой промысловой информации, является основой современного концепта «живой модели» месторождения.

Заключение

Геологическое строение нефтеносных пластов характеризуется многоуровневой иерархической неоднородностью, изучение которой требует применения комплекса взаимодополняющих методов — от макроскопического описания керна до трёхмерного геостатистического моделирования. Глубокое понимание генезиса и архитектуры продуктивных горизонтов является фундаментом для достоверной оценки запасов углеводородов, оптимального проектирования системы разработки и обоснования мероприятий по повышению нефтеотдачи пластов. Развитие цифровых технологий геологического моделирования и методов multidisciplinary интеграции данных открывает новые возможности для повышения детальности и достоверности описания строения нефтеносных пластов в сложных геологических условиях.

Список литературы

1. Закревский К.Е. Геологическое 3D моделирование. — М.: ООО ИПЦ «Маска», 2009. — 376 с.
2. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел — литологических ловушек нефти и газа. — Л.: Недра, 1984. — 260 с.
3. Miall A.D. The Geology of Fluvial Deposits. — Berlin: Springer, 1996. — 582 p.
4. Lucia F.J. Carbonate Reservoir Characterization. — 2nd ed. — Berlin: Springer, 2007. — 336 p.

УДК 550.84:553.98

ББК 26.325.4

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКА УГЛЕВОДОРОДОВ

Сарыгулова Тавус

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Сопиева Хаджыбиби

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Аннотация

Тезис посвящён геохимическим методам поиска нефти и газа, основанным на изучении состава горных пород, почв, подземных вод и приповерхностных газов. Рассмотрены газовая съёмка, битуминологические, гидрогеохимические и микробиологические методы. Отдельное внимание уделено геохимии нефтематеринских пород, пиролитическому анализу, оценке генерационного потенциала и бассейновому геохимическому моделированию как инструментам регионального прогноза нефтегазоносности.

Ключевые слова: геохимия нефти, газовая съёмка, нефтематеринская порода, органический углерод, бассейновый анализ, миграция углеводородов, изотопный анализ, пиролитический анализ

Введение

Геохимические методы поиска углеводородов основаны на изучении химического состава природных объектов — горных пород, почв, подземных и поверхностных вод, приповерхностных газов и атмосферного воздуха — с целью выявления признаков присутствия нефти и газа в недрах. В отличие от геофизических методов, реагирующих на физические свойства горных пород, геохимические методы фиксируют непосредственно продукты миграции и рассеяния углеводородных флюидов из залежей к земной поверхности. Это обуславливает их принципиальную способность к прямому обнаружению нефтегазоносности, что представляет важное методологическое преимущество по сравнению с косвенными структурными методами разведки.

Геохимические исследования применяются на всех стадиях нефтегазопроисковых работ — от регионального прогноза нефтегазоносности бассейнов до детального изучения отдельных площадей и контроля разработки месторождений. Комплексирование геохимических данных с результатами геофизических съёмок и буровых работ обеспечивает существенное повышение эффективности поисково-разведочного процесса и снижение геологических рисков.

Основные группы геохимических методов

В практике нефтегазовой геохимии выделяют несколько основных групп методов, различающихся по объектам исследования и аналитическим технологиям. Газовая съёмка — наиболее широко применяемый вид геохимических работ — основана на изучении содержания и состава лёгких углеводородов (метана, этана, пропана, бутанов) в почвенном воздухе и приповерхностных отложениях. Концентрации и соотношения гомологов метана служат индикаторами нефтегазоносности и позволяют дифференцировать нефтяные и газовые залежи по составу мигрирующих флюидов. Атмохимическая съёмка регистрирует концентрации углеводородных газов непосредственно в приземном слое атмосферы и активно развивается с применением дистанционных лазерных методов анализа.

Битуминологические исследования пород и почв направлены на изучение содержания, состава и физико-химических свойств рассеянного органического вещества и битумоидов — продуктов трансформации нефтяных углеводородов при их миграции в зоне гипергенеза. Гидрогеохимические методы основаны на анализе состава подземных вод — содержания растворённых углеводородов, органических кислот, микроэлементов и изотопов — отражающего их взаимодействие с нефтегазоносными горизонтами. Микробиологические методы используют способность углеводородокисляющих микроорганизмов концентрироваться в зонах активной углеводородной миграции; аномальное развитие углеводородотрофной микрофлоры в почвах служит косвенным признаком нефтегазоносности недр.

Геохимия нефтематеринских пород и моделирование генерации УВ

Важнейшим направлением нефтяной геохимии является изучение нефтематеринских пород — источников органического вещества, из которого генерируются углеводороды. Оценка нефтегенерационного потенциала проводится с применением пиролитического анализа (Rock-Eval), определения общего органического углерода (ТОС), хроматографического анализа экстрактов и исследования оптических параметров органического вещества — витринитового отражения и термической зрелости споро-пыльцевых комплексов.

Совокупность этих данных позволяет оценить количество генерированных и эмигрировавших из материнской свиты углеводородов и восстановить историю их миграции.

Геохимическое моделирование в рамках бассейнового анализа обеспечивает количественную оценку процессов генерации, миграции и аккумуляции углеводородов в геологическом времени. Трёхмерные бассейновые модели, интегрирующие данные о тектонической истории, термическом режиме и петрофизических свойствах пород, позволяют прогнозировать объёмы сгенерированных углеводородов, пути их миграции и вероятные зоны аккумуляции. Изотопный анализ углерода и водорода нефтей и газов служит инструментом их генетической типизации и корреляции с потенциальными нефтематеринскими толщами, что имеет принципиальное значение для прогноза состава флюидов в неразбуренных ловушках.

Заключение

Геохимические методы поиска углеводородов образуют самостоятельное и незаменимое направление в системе нефтегазопроисковых работ, обеспечивая информацию о природе и интенсивности углеводородной миграции, нефтегенерационном потенциале осадочных толщ и генетических связях залежей с материнскими породами. Развитие аналитических технологий — высокоразрешающей газовой хроматографии, масс-спектрометрии, изотопного анализа — в сочетании с методами дистанционного зондирования и бассейнового геохимического моделирования открывает новые возможности для повышения эффективности прямого поиска нефтяных и газовых залежей. Комплексирование геохимических данных с результатами геофизических исследований остаётся перспективным направлением, способным существенно снизить риски поисково-разведочного бурения.

Список литературы

1. Конторович А.Э. Геохимические методы количественного прогноза нефтегазоносности. — М.: Недра, 1976. — 249 с.
2. Тиссо Б., Вельте Д. Образование и распространение нефти. — М.: Мир, 1981. — 501 с.
3. Peters K.E., Walters C.C., Moldowan J.M. The Biomarker Guide. — 2nd ed. — Cambridge University Press, 2005. — Vol. 1–2. — 1155 p.
4. Hunt J.M. Petroleum Geochemistry and Geology. — 2nd ed. — New York: W.H. Freeman, 1996. — 743 p.

УДК 622.243.24+622.276.66

ББК 33.131

ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ БУРЕНИЕ И МНОГОСТАДИЙНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАЗРЫВ ПЛАСТА

Маменова Огулсенем

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Нурджыков Парахат

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Аннотация

В тезисе рассмотрены технологии горизонтального бурения и многостадийного гидравлического разрыва пласта как ключевого инструмента освоения низкопроницаемых и нетрадиционных коллекторов. Описаны системы геонавигации MWD/LWD, конструкции заканчивания скважин и принципы азимутальной ориентации горизонтального ствола. Проанализированы методы проектирования МГРП, геомеханическое моделирование трещин, микросейсмический мониторинг и риски межскважинного взаимодействия трещин.

Ключевые слова: горизонтальное бурение, гидравлический разрыв пласта, геонавигация, MWD/LWD, нетрадиционные залежи, низкопроницаемый коллектор, микросейсмика, проппант

Введение

Сочетание горизонтального бурения и многостадийного гидравлического разрыва пласта (МГРП) стало одной из наиболее значимых технологических революций в нефтегазовой отрасли за последние десятилетия. Именно эта связка технологий обеспечила промышленное освоение нетрадиционных источников углеводородов — плотных песчаников, сланцевых формаций и угольных пластов, — открыв доступ к ресурсам, прежде считавшимся нерентабельными при существующем уровне техники. В результате ряд стран кардинально пересмотрел структуру своего углеводородного баланса, а мировой рынок нефти и газа претерпел существенные изменения.

Актуальность данных технологий не ограничивается нетрадиционными залежами: горизонтальные скважины с МГРП всё шире применяются и на традиционных месторождениях с низкопроницаемыми коллекторами, маломощными пластами и сложным геологическим строением. Оптимизация проектирования и проведения этих операций остаётся активной областью научных исследований и инженерных разработок.

Технологии горизонтального бурения

Горизонтальное бурение предполагает проводку ствола скважины по дуге с постепенным набором зенитного угла до 90° и более с последующим удержанием горизонтального участка в пределах целевого продуктивного пласта на протяжённости, достигающей нескольких километров. Ключевым инструментом для решения этой задачи служат телеметрические системы измерения в процессе бурения (MWD/LWD), обеспечивающие непрерывный контроль пространственного положения долота и петрофизических характеристик вскрываемых пород в режиме реального времени. Технология геонавигации позволяет удерживать траекторию горизонтального ствола в пределах продуктивного интервала мощностью в несколько метров, максимизируя длину вскрытия коллектора.

Выбор конструкции горизонтальной скважины определяется геологическими условиями и планируемой технологией заканчивания. Открытый ствол с набухающими пакерами применяется в однородных карбонатных коллекторах с достаточной устойчивостью стенок. Обсаженный перфорированный ствол обеспечивает наибольшую гибкость при проведении МГРП в терригенных разрезах. Хвостовик с заколонными пакерами и муфтами скользящего типа позволяет проводить многостадийный ГРП без применения насосно-компрессорных труб и значительно сокращает время на проведение операции. Азимутальная ориентация горизонтального ствола, как правило, задаётся перпендикулярно направлению максимального горизонтального напряжения, что обеспечивает поперечную ориентацию создаваемых трещин ГРП и максимальный охват дренируемого объёма пласта.

Многостадийный гидравлический разрыв пласта

Многостадийный ГРП представляет собой последовательное создание системы гидравлических трещин в нескольких изолированных интервалах горизонтального ствола. Число стадий в одной скважине достигает нескольких десятков, а суммарный объём закачиваемой жидкости разрыва и проппанта исчисляется тысячами кубических метров. Изоляция стадий осуществляется с помощью пакеров и пробок, разбурываемых после завершения всего цикла операций, либо посредством систем управляемых муфт.

Геометрия создаваемых трещин — их ориентация, длина, высота и проводимость — определяется параметрами поля геомеханических напряжений, реологическими свойствами жидкости разрыва и гранулометрическим составом пропантанта.

Проектирование МГРП включает геомеханическое моделирование поля напряжений, гидравлическое моделирование распространения трещин, оптимизацию расстановки стадий и выбор рецептур жидкостей разрыва. Пассивный сейсмический мониторинг (микросейсмика) в процессе ГРП обеспечивает контроль геометрии трещин в реальном времени и позволяет корректировать параметры операции. Анализ данных добычи по отдельным стадиям методами производственного каротажа выявляет вклад каждой трещины в суммарный дебит скважины и служит основой для оптимизации последующих операций. Взаимодействие трещин соседних скважин (фракхиттинг) является одним из ключевых рисков при кустовом бурении и требует учёта при планировании последовательности проведения ГРП.

Заключение

Горизонтальное бурение в сочетании с многостадийным гидравлическим разрывом пласта представляет собой технологический тандем, кардинально расширивший ресурсную базу нефтяной и газовой промышленности. Эффективность применения данных технологий определяется качеством интегрированного проектирования, основанного на достоверных геологических и геомеханических моделях залежи. Дальнейшее развитие геонавигации, систем интеллектуального заканчивания скважин, методов моделирования сложных трещинных сетей и технологий многовариантной оптимизации параметров ГРП с применением машинного обучения создаёт предпосылки для существенного повышения нефтеотдачи низкопроницаемых коллекторов и снижения удельных затрат на добычу углеводородного сырья.

Список литературы

1. Economides M.J., Nolte K.G. Reservoir Stimulation. — 3rd ed. — Chichester: Wiley, 2000. — 856 p.
2. Joshi S.D. Horizontal Well Technology. — Tulsa: PennWell, 1991. — 535 p.
3. Валовский В.М., Валовский К.В. Горизонтальные скважины в нефтедобыче. — М.: ВНИИОЭНГ, 2003. — 408 с.
4. King G.E. Hydraulic fracturing 101: What every representative, environmentalist, regulator, reporter, investor, university researcher, neighbor and engineer should know about estimating frac risk and improving frac performance in unconventional gas and oil wells // SPE 152596. — 2012.

УДК 550.8.072:553.98

ББК 26.343.1

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ СТРОЕНИЯ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ КАРБОНАТНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

Сарыгулова Тавус

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета
нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Реджепова Огулсона

Преподаватель Балканабадского филиала Международного университета
нефти и газа имени Ягшыгелди Какаева
г. Балканабад Туркменистан

Аннотация

В статье рассматриваются современные методические подходы к построению трехмерных геолого-геофизических моделей залежей углеводородов в карбонатных отложениях. Анализируются проблемы интерпретации данных сейсморазведки 3D в условиях высокой латеральной изменчивости фильтрационно-емкостных свойств коллекторов. Описана методика интеграции результатов петрофизических исследований керна, данных расширенного каротажа и сейсмической инверсии для выделения зон повышенной трещиноватости и кавернозности. Обосновывается преимущество стохастического моделирования при прогнозировании продуктивности скважин на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами.

Ключевые слова: геологическое моделирование, сейсмическая инверсия, карбонатный резервуар, петрофизика, сейсморазведка 3D, трудноизвлекаемые запасы, ГИС, геостатистика.

Введение

Освоение новых месторождений нефти и газа на современном этапе характеризуется усложнением геологических условий и ростом доли запасов в карбонатных коллекторах. Такие резервуары отличаются экстремальной неоднородностью строения, что связано с процессами вторичного преобразования пород — доломитизацией, выщелачиванием и трещинообразованием. В этих условиях классические методы корреляции разрезов скважин и построения структурных карт оказываются недостаточными для эффективного планирования эксплуатационного бурения.

Развитие методов нефтегазовой геологии в Новосибирском научном центре ориентировано на создание цифровых двойников месторождений, которые объединяют разрозненную информацию в единую самосогласованную модель. Комплексный подход, включающий детальный анализ сейсмических атрибутов и фациальное моделирование, позволяет существенно снизить риски при заложении новых скважин и оптимизировать систему поддержания пластового давления.

Методы сейсмической инверсии и петрофизической интерпретации

Ключевым звеном в цепочке создания модели является сейсмическая инверсия, позволяющая перейти от динамических характеристик волнового поля к количественным параметрам упругих свойств среды. Использование синхронной инверсии позволяет получить кубы акустического импеданса и отношения скоростей продольных и поперечных волн, которые наиболее тесно коррелируют с пористостью и литологическим составом карбонатов. Данные результаты калибруются по результатам глубокого бурения и лабораторных исследований образцов керна.

Особое внимание уделяется выделению зон открытой трещиноватости, которая в карбонатных пластах часто играет решающую роль в формировании путей фильтрации флюидов. Применение алгоритмов анализа кривизны отражающих горизонтов и спектрального разложения сейсмической записи дает возможность картировать системы микроразломов, не выраженных в структурном плане. Интеграция этих данных с результатами гидродинамического каротажа позволяет создать достоверную базу для последующего численного моделирования процессов разработки.

Геостатистическое моделирование и оценка неопределенностей

На этапе построения трехмерной сетки свойств (property modeling) наиболее эффективно применение стохастических методов, таких как последовательное гауссово моделирование или индикаторное моделирование фаций. Эти подходы позволяют не только построить наиболее вероятное распределение параметров пористости и проницаемости в межскважинном пространстве, но и оценить степень неопределенности геологического прогноза. Проведение серии реализаций модели дает возможность рассчитать доверительные интервалы для оценки извлекаемых запасов.

Практическая реализация данных методов на месторождениях Восточной Сибири показывает, что использование комплексных моделей позволяет выявлять «пропущенные» залежи в структурно сложных ловушках и существенно корректировать положение забоев горизонтальных скважин.

Использование отечественного специализированного программного обеспечения обеспечивает технологическую независимость геологоразведочной отрасли и высокое качество интерпретации в рамках международных стандартов.

Заключение

Переход к комплексному геолого-геофизическому моделированию является необходимым условием рационального недропользования при разработке карбонатных резервуаров. Тесная интеграция сейсмических данных экспертного уровня и детальных литолого-петрофизических исследований позволяет создавать высокоточные модели, адекватно отражающие сложное строение продуктивных пластов. Дальнейшее развитие методологии связано с внедрением алгоритмов машинного обучения для автоматизированной интерпретации фациальных обстановок и расширением использования данных сейсмики 4D для мониторинга выработки запасов в процессе эксплуатации месторождения.

Список литературы

1. Ампилов Ю. П. От сейсмических волн к геологическому результату. — М.: Спектр, 2008. — 288 с.
2. Гилберт К., Закревский К. Е. Практикум по геологическому моделированию. — М.: EAGE, 2011. — 176 с.
3. Черемисина Е. Н. Геоинформационные системы в геологии. — М.: Недра, 2011. — 312 с.
4. Chopra S., Marfurt K. J. Seismic Attributes for Fault and Fracture Characterization. — SEG, 2007. — 464 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ КРЫЛА ГРАЖДАНСКИХ САМОЛЕТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

Полякова Елена Сергеевна

студент 5 курса факультета летательных аппаратов
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В данной статье рассматриваются вопросы оптимизации аэродинамических форм консолей крыла магистральных самолетов с целью снижения индуктивного сопротивления и повышения топливной эффективности. Проводится сравнительный анализ различных типов законцовок крыла (винглетов) и их влияния на структуру концевой вихря в условиях крейсерского полета. Описана методика численного моделирования обтекания крыла на основе решения уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу (RANS), с использованием современных моделей турбулентности. Приводятся данные о влиянии геометрической крутки и профилирования крыла на распределение подъемной силы по размаху, что позволяет улучшить весовые и аэродинамические показатели перспективных воздушных судов.

Ключевые слова: авиационное, аэродинамика, вычислительная гидродинамика, законцовки крыла, коэффициент лобового сопротивления, подъемная сила, моделирование полета, топливная эффективность.

Введение

Современный этап развития гражданской авиации характеризуется жесткой конкуренцией и постоянно растущими требованиями к экологичности и экономичности воздушных судов. Снижение расхода топлива напрямую зависит от аэродинамического совершенства планера, где ключевую роль играет геометрия крыла. Увеличение аэродинамического качества на несколько процентов позволяет авиакомпаниям значительно сократить операционные расходы и уменьшить выбросы углекислого газа в атмосферу.

Новосибирск, как один из ведущих центров авиационной науки и промышленности, обладает мощной теоретической и экспериментальной базой для проведения исследований в области аэродинамики больших скоростей.

Использование методов вычислительной гидродинамики (CFD) в сочетании с продувками в аэродинамических трубах позволяет инженерам и ученым находить оптимальные формы агрегатов планера, обеспечивая конкурентоспособность отечественных авиационных разработок на мировом рынке.

Методы численного анализа и оптимизации геометрии

Основным инструментом исследования в данной работе является программный комплекс для решения задач газовой динамики, позволяющий моделировать трехмерное обтекание модели самолета. Процесс проектирования начинается с создания параметрической модели крыла, где в качестве варьируемых параметров выступают кривизна профиля, углы стреловидности и параметры законцовок. Применение адаптивных расчетных сеток позволяет детально разрешать пограничный слой и зоны отрыва потока, что критично для точного определения коэффициента сопротивления.

Особое внимание уделяется подавлению волнового сопротивления на трансзвуковых скоростях полета. Использование сверхкритических профилей крыла позволяет сместить момент возникновения скачка уплотнения к задней кромке и уменьшить его интенсивность. Интеграция методов автоматизированной оптимизации позволяет системе самостоятельно подбирать такие геометрические параметры, которые минимизируют лобовое сопротивление при соблюдении ограничений по прочности конструкции и внутреннему объему крыльевых топливных баков.

Анализ влияния законцовок на структуру потока

Одним из наиболее эффективных способов улучшения аэродинамики крыла является применение законцовок различных конфигураций: от классических вертикальных шайб до современных стреловидных и саблевидных винглетов. Эти устройства препятствуют перетеканию воздушного потока из зоны высокого давления под крылом в зону низкого давления над ним, тем самым ослабляя концевой вихрь. Это приводит к значительному снижению индуктивного сопротивления, которое составляет до 40% от общего сопротивления самолета в крейсерском режиме.

Результаты исследований показывают, что оптимально подобранная законцовка позволяет не только увеличить аэродинамическое качество, но и улучшить характеристики устойчивости и управляемости самолета на малых скоростях, что важно при взлете и посадке. В рамках работы в НГТУ проводятся исследования по интеграции в законцовки активных элементов управления пограничным слоем, что в перспективе позволит создавать «умное» крыло, адаптирующееся к различным режимам полета.

Заключение

Применение современных вычислительных методов в проектировании авиационных конструкций открывает широкие возможности для достижения рекордных показателей аэродинамической эффективности. Детальное изучение физики обтекания крыла и внедрение инновационных геометрических решений позволяют создавать летательные аппараты нового поколения. Продолжение исследований в области интеграции двигателей с планером и оптимизации механизации крыла обеспечит дальнейший прогресс в авиастроении, делая авиаперевозки более доступными и безопасными.

Список литературы

1. Аржаников Н. С., Мальцев В. Г. Аэродинамика. — М.: Оборонгиз, 1952. — 480 с.
2. Краснов Н. Ф. Аэродинамика: в 2 ч. — М.: Высшая школа, 1980. — 495 с.
3. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. — М.: Дрофа, 2003. — 840 с.
4. Anderson J. D. Fundamentals of Aerodynamics. — 6th ed. — McGraw-Hill Education, 2016. — 1152 p.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНЕРА ОТ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ И ЭРОЗИИ

Климов Владислав Игоревич

аспирант кафедры материаловедения в машиностроении
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы создания новых защитных покрытий для авиационных алюминиевых сплавов на основе полимерных композитов, модифицированных наноразмерными наполнителями. Проведен анализ механизмов коррозионного разрушения конструкционных материалов планера при воздействии агрессивных сред и высоких скоростей набегающего потока. Описана технология нанесения и результаты испытаний покрытий на стойкость к солевому туману, абразивному износу и воздействию ультрафиолетового излучения. Обоснована эффективность применения углеродных нанотрубок и диоксида титана для улучшения адгезионных и барьерных свойств защитных слоев, что позволяет значительно увеличить межремонтный ресурс авиационной техники.

Ключевые слова: авиационное материаловедение, коррозия планера, полимерные композиты, нанонаполнители, защитные покрытия, эрозионная стойкость, алюминиевые сплавы, долговечность.

Введение

Обеспечение структурной целостности и долговечности летательных аппаратов в процессе эксплуатации является приоритетной задачей авиационной промышленности. Элементы планера самолета, выполненные преимущественно из высокопрочных алюминиевых сплавов серий 2xxx и 7xxx, подвергаются интенсивному воздействию климатических факторов: резким перепадам температур, переменной влажности и воздействию агрессивных химических реагентов на аэродромах. Коррозионное поражение металла не только снижает эстетический вид, но и является инициатором усталостных трещин, что создает прямую угрозу безопасности полетов.

Традиционные лакокрасочные системы не всегда обеспечивают требуемый уровень защиты в зонах повышенного эрозионного износа, таких как передние кромки крыла и воздухозаборники двигателей. В связи с этим в Новосибирском государственном техническом университете ведутся активные разработки в области создания многофункциональных покрытий, сочетающих в себе высокие барьерные свойства и повышенную механическую прочность за счет внедрения наноструктурированных компонентов.

Разработка состава и модификация защитных систем

Основу разрабатываемых покрытий составляют эпоксидные и полиуретановые смолы, обладающие высокой адгезией к металлической подложке. Для качественного улучшения эксплуатационных характеристик в полимерную матрицу вводятся функциональные добавки. В частности, добавление многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) позволяет создать в объеме покрытия электропроводящую сеть, способствующую более равномерному распределению статического электричества и повышению твердости слоя.

Параллельно исследуется влияние диоксида титана (TiO_2) в рутильной форме, который выступает в роли эффективного УФ-фильтра, предотвращая деструкцию полимера под действием солнечной радиации на больших высотах. Важным этапом технологии является предварительная подготовка поверхности алюминиевых сплавов методами микродугового оксидирования или безхроматного пассивирования, что создает развитый микрорельеф для обеспечения максимальной адгезии композитного слоя.

Методика и результаты экспериментальных исследований

Оценка защитных свойств разработанных составов проводилась в специализированных камерах искусственного климата. Результаты ускоренных коррозионных испытаний показали, что модифицированные покрытия сохраняют защитную способность в 1,5–2 раза дольше по сравнению со стандартными авиационными эмалями. Измерения краевого угла смачивания подтвердили гидрофобный характер поверхности, что способствует снижению интенсивности обледенения и облегчает удаление загрязнений в процессе обслуживания.

Эрозионная стойкость оценивалась по методу воздействия струи абразивных частиц под различными углами. Было установлено, что введение нанонаполнителей способствует диссипации энергии удара частицы внутри покрытия, значительно снижая скорость массопотери материала. Полученные данные позволяют рекомендовать разработанные композиции для защиты наиболее нагруженных элементов планера, эксплуатирующихся в сложных метеорологических условиях.

Заключение

Создание многофункциональных композиционных покрытий является эффективным инструментом борьбы с преждевременным старением авиационных конструкций. Использование нанотехнологий в модификации полимерных матриц открывает перспективы производства интеллектуальных защитных систем, обладающих свойствами самозалечивания микродефектов и индикации зон критического износа. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию концентрации добавок и разработку промышленных регламентов нанесения покрытий, что обеспечит технологический суверенитет в области критических технологий авиастроения.

Список литературы

1. Каблов Е. Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года. — М.: ВИАМ, 2012. — 76 с.
2. Семенова И. В., Флорианович Г. М., Хорошилов А. В. Коррозия и защита от коррозии. — М.: Физматлит, 2002. — 448 с.
3. Синайский А. Г. Полимерные композиционные материалы в авиастроении. — М.: Машиностроение, 1990. — 256 с.
4. Schweitzer P. A. Corrosion Resistance of Aluminum and Magnesium Alloys. — Marcel Dekker, 2010. — 432 p.

УДК 629.7.05

ББК 39.57

АЛГОРИТМЫ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Миронова Дарья Сергеевна

студент 4 курса факультета радиотехники и электроники
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В данной работе рассматриваются методы повышения точности определения пространственной ориентации беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в условиях отсутствия сигналов спутниковых навигационных систем. Анализируются алгоритмы комплексирования данных, поступающих от микроэлектромеханических гироскопов и акселерометров, на основе расширенного фильтра Калмана. Описана математическая модель компенсации дрейфа датчиков и минимизации влияния вибрационных помех на выходной сигнал навигационной системы. Приводятся результаты численного моделирования, подтверждающие эффективность предложенных решений для обеспечения стабильного автономного полета малых БПЛА в условиях сложной помеховой обстановки.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, инерциальная навигация, фильтр Калмана, акселерометр, гироскоп, ориентация, датчики, автономный полет.

Введение

Современная беспилотная авиация требует разработки надежных систем навигации, способных функционировать автономно при подавлении или пропадании сигналов глобальных спутниковых систем. В таких сценариях основным источником данных о положении и ориентации аппарата становятся бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС). Однако использование бюджетных датчиков, построенных на технологии МЭМС, сопряжено с проблемой накопления ошибки интегрирования и значительного дрейфа нулевого сигнала, что за короткий промежуток времени приводит к потере достоверности координат.

В Новосибирске, как в одном из центров приборостроения, ведутся активные исследования по созданию адаптивных алгоритмов обработки сигналов, позволяющих извлекать максимально точную информацию из зашумленных данных датчиков.

Интеграция математических методов фильтрации и коррекции позволяет значительно расширить возможности применения БПЛА в задачах мониторинга инфраструктуры и поисково-спасательных операций, где работа в закрытых пространствах или зонах радиопомех является критическим условием.

Математическое обеспечение навигационных алгоритмов

Основу интеллектуальной обработки данных БИНС составляет алгоритм оценивания вектора состояния системы. В работе применяется расширенный фильтр Калмана, который в реальном времени сопоставляет предсказанное положение аппарата с измерениями от блока инерциальных датчиков. Для описания вращательного движения БПЛА используется аппарат кватернионов, что позволяет избежать математических сингулярностей (проблемы «замка осей»), характерных для углов Эйлера при совершении сложных маневров.

Особое внимание уделено процедуре калибровки датчиков перед вылетом и алгоритмам динамической коррекции дрейфа гироскопов по вектору ускорения свободного падения в моменты установившегося полета. Применение низкочастотных цифровых фильтров совместно с адаптивными порогами чувствительности дает возможность эффективно отсекать высокочастотную вибрацию, создаваемую двигателями летательного аппарата, которая является основным источником шума в показаниях акселерометров.

Апробация и анализ точностных характеристик

Для проверки эффективности алгоритмов было проведено полунатурное моделирование на стенде с программно-аппаратным комплексом. В ходе тестов имитировались режимы резкого маневрирования и длительного прямолинейного движения при полной блокировке внешних поправок. Результаты показали, что предложенная модификация фильтра Калмана позволяет удерживать ошибку определения углов ориентации в пределах 1–2 градусов на интервале автономного функционирования до десяти минут.

Важным преимуществом разработанного программного обеспечения является его низкая вычислительная сложность, что критично для реализации на бортовых микроконтроллерах с ограниченными ресурсами. Оптимизация матричных вычислений позволила достичь частоты обновления навигационного решения 200 Гц, что обеспечивает необходимую динамику управления для скоростных дронов мультироторного типа. Дальнейшее развитие проекта предполагает внедрение методов визуальной одометрии для дополнительной коррекции инерциального пути по изображениям подстилающей поверхности.

Заключение

Разработка эффективных алгоритмов инерциальной навигации является ключевым условием для создания по-настоящему автономных авиационных систем. Использование современных методов фильтрации данных позволяет компенсировать аппаратные недостатки МЭМС-датчиков и обеспечить стабильность навигационных параметров в самых сложных условиях эксплуатации. Успешная реализация данных подходов на отечественной программно-аппаратной базе способствует укреплению технологического потенциала в сфере производства беспилотных летательных аппаратов различного назначения.

Список литературы

1. Матвеев В. В., Распопов В. Я. Основы построения бесплатных инерциальных навигационных систем. — СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ Электроприбор», 2009. — 280 с.
2. Степанов О. А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. — СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ Электроприбор», 2010. — 428 с.
3. Савельев В. В. Системы управления летательными аппаратами. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. — 416 с.
4. Grewal M. S., Andrews A. P. Kalman Filtering: Theory and Practice Using MATLAB. — 4th ed. — Wiley-IEEE Press, 2014. — 600 p.

УДК 629.7.036.3

ББК 39.55

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Семенов Илья Андреевич

аспирант кафедры авиационных двигателей

Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)

г. Новосибирск Россия

Аннотация

Статья посвящена математическому моделированию процессов горения и смесеобразования в камерах сгорания газотурбинных двигателей. Рассматриваются вопросы распределения температурных полей и концентрации продуктов сгорания при различных режимах работы силовой установки. Анализируется влияние геометрии фронтального устройства на полноту сгорания топлива и уровень эмиссии вредных веществ. Описана методика численного расчета с применением моделей химической кинетики и турбулентного переноса, позволяющая оптимизировать конструкцию жаровой трубы для повышения ресурса турбины и экологических показателей двигателя.

Ключевые слова: авиационный двигатель, камера сгорания, газодинамика, численное моделирование, горение, экологичность, жаровая труба, турбулентность.

Введение

Камера сгорания является одним из наиболее нагруженных узлов авиационного газотурбинного двигателя, где в условиях ограниченного объема происходит выделение огромного количества тепловой энергии. Эффективность процессов, протекающих в жаровой трубе, напрямую определяет удельный расход топлива и надежность работы лопаточного аппарата турбины. Основной сложностью при проектировании современных камер сгорания является необходимость обеспечения устойчивого горения в широком диапазоне высот и скоростей полета при строгом соблюдении международных норм по выбросам оксидов азота и сажи.

В рамках научно-исследовательской работы в Новосибирске особое внимание уделяется внедрению современных методов вычислительной газодинамики для анализа процессов в зоне горения. Использование цифровых моделей позволяет значительно сократить объем дорогостоящих натурных испытаний и ускорить процесс доводки новых образцов авиационной техники, обеспечивая высокие эксплуатационные характеристики двигателей.

Для адекватного описания процессов в камере сгорания используется система уравнений Навье-Стокса, дополненная уравнениями сохранения массы для компонентов топливовоздушной смеси. Моделирование турбулентности осуществляется с применением современных подходов, позволяющих учитывать нестационарные вихревые структуры, которые играют ключевую роль в стабилизации пламени. Важным аспектом является выбор модели химического взаимодействия, способной корректно описывать кинетику окисления углеводородных топлив при высоких давлениях.

Процесс распыла топлива моделируется в рамках лагранжева подхода, где отслеживается траектория и испарение каждой капли в потоке воздуха. Это дает возможность оценить качество смесеобразования и выявить зоны возможного пережога стенок жаровой трубы. Расчеты позволяют получить детальную картину распределения температур на выходе из камеры, что необходимо для оценки теплового состояния соплового аппарата турбины и обеспечения требуемой неравномерности температурного поля.

В ходе исследования была проанализирована работа камеры сгорания с различными вариантами завихрителей воздуха. Установлено, что оптимизация углов наклона лопаток фронтального устройства позволяет создать устойчивую зону обратных токов, способствующую надежному воспламенению смеси даже на режимах малого газа. Результаты моделирования показали возможность снижения максимальной температуры стенок жаровой трубы на 50–70 К за счет организации более эффективного пленочного охлаждения, что существенно продлевает срок службы агрегата.

Анализ формирования оксидов азота подтвердил эффективность использования принципов бедного предварительно перемешанного горения. Полученные данные используются для разработки рекомендаций по модернизации существующих двигателей с целью приведения их характеристик в соответствие с перспективными экологическими стандартами ИСАО. Дальнейшее развитие моделей связано с учетом радиационного теплообмена и акустических колебаний, возникающих при неустойчивом горении.

Список литературы

1. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика. — М.: Наука, 1991. — 600 с.
2. Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД. — М.: Мир, 1986. — 566 с.
3. Пчелкин Ю. М. Камеры сгорания газотурбинных двигателей. — М.: Машиностроение, 1984. — 280 с.
4. Peters N. Turbulent Combustion. — Cambridge University Press, 2000. — 304 p.

УДК 629.735.33.01

ББК 39.52

ПРОЧНОСТНОЙ АНАЛИЗ ПЛАНЕРА САМОЛЕТА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

Кузнецова Мария Андреевна

студент 4 курса факультета летательных аппаратов
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В статье рассматриваются методы численного моделирования напряженно-деформированного состояния элементов планера, выполненных из современных углепластиков. Анализируются особенности накопления повреждений в многослойных композитных панелях при воздействии статических и циклических нагрузок. Описана методика оценки остаточной прочности конструкций с учетом возможных межслойных деформаций и расслоений. Приводятся результаты сравнительного анализа весовой эффективности композитных и металлических агрегатов, а также обосновывается применение критериев разрушения Хашина для прогнозирования ресурса ответственных узлов авиационной техники.

Ключевые слова: авиастроение, композиционные материалы, прочность планера, метод конечных элементов, углепластик, ресурс конструкции, деградация свойств, авиационная техника.

Введение

Массовое внедрение полимерных композиционных материалов (ПКМ) является ключевым трендом в современном гражданском и военном авиастроении. Использование углепластиков позволяет снизить массу планера на 20–25% по сравнению с алюминиевыми сплавами, что существенно улучшает летно-технические характеристики и топливную эффективность. Однако анизотропная природа композитов и их чувствительность к ударным воздействиям и климатическим факторам требуют разработки принципиально новых подходов к расчету на прочность и обеспечению безопасности эксплуатации. Новосибирская школа прочности летательных аппаратов обладает значительным опытом в проведении комплексных испытаний и математического моделирования поведения ПКМ.

Основным инструментом исследования является метод конечных элементов (МКЭ), реализованный в специализированных программных комплексах. Для моделирования многослойных панелей крыла и фюзеляжа применяются оболочечные и солид-элементы с учетом теории послойного анализа. Это позволяет детально рассчитывать распределение напряжений на границах раздела слоев, где наиболее вероятно возникновение деформаций — скрытых расслоений, которые трудно обнаружить при визуальном осмотре, но которые существенно снижают несущую способность агрегата.

В расчетные модели интегрируются нелинейные критерии разрушения, позволяющие идентифицировать тип повреждения: разрыв волокон, разрушение матрицы или потерю устойчивости при сжатии. Важным аспектом является учет деградации жесткости материала по мере накопления микродефектов под действием переменных нагрузок. Такой подход позволяет прогнозировать не только момент возникновения первого повреждения, но и путь развития трещины, что критически важно для реализации концепции безопасного повреждения (fail-safe).

В ходе исследования был проведен сравнительный расчет типовой секции кессона крыла в металлическом и композитном исполнении. Результаты показали, что при идентичных требованиях к жесткости и прочности композитный вариант обеспечивает выигрыш в массе за счет возможности направленного армирования в зонах максимальных растягивающих напряжений. Однако было выявлено, что при воздействии низкоскоростных ударов (например, падение инструмента при обслуживании) прочность композита на сжатие может снижаться до 40% от исходной, что требует введения дополнительных коэффициентов запаса и совершенствования методов неразрушающего контроля. Практическое применение разработанных моделей позволяет оптимизировать схему армирования сложных узлов, таких как зоны стыка крыла с фюзеляжем и узлы навески механизации. Это минимизирует количество натуральных прочностных испытаний, ускоряя сертификацию авиационных конструкций. Дальнейшие исследования в рамках НГТУ направлены на создание гибридных моделей, учитывающих влияние влажности и температуры на длительную прочность полимерных связующих в условиях реальной эксплуатации.

Список литературы

1. Васильев В. В., Протасов В. Д., Болотин В. В. Композиционные материалы: справочник. — М.: Машиностроение, 1990. — 512 с.
2. Голденблат И. И., Копнов В. А. Критерии прочности и пластичности конструкционных материалов. — М.: Машиностроение, 1968. — 192 с.
3. Победря Б. Е. Механика композиционных материалов. — М.: Изд-во МГУ, 1984. — 336 с.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ ПУТЕМ КОМПЕНСАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

Паплович Анна Игоревна

студент 4 курса механико-технологического факультета
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В данной статье исследуется влияние тепловых процессов на точность позиционирования исполнительных органов металлорежущих станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Рассматриваются источники тепловыделения в шпиндельных узлах и направляющих, а также их вклад в суммарную погрешность обработки деталей. Описана методика создания математической модели температурных деформаций на основе данных от распределенной сети термодатчиков. Приводятся результаты апробации алгоритма программной коррекции координат, позволяющего минимизировать дрейф инструмента в процессе длительной эксплуатации оборудования без остановки на охлаждение.

Ключевые слова: машиностроение, станки с ЧПУ, точность обработки, температурные деформации, компенсация погрешностей, шпиндельный узел, датчики температуры, промышленная автоматизация.

Введение

В современном прецизионном машиностроении требования к точности изготовления деталей постоянно растут, достигая микронных допусков. Одним из главных факторов, ограничивающих достижение заданной точности на высокопроизводительном оборудовании, являются температурные деформации несущей системы станка. Неравномерный нагрев подшипниковых опор, приводов подач и гидравлических систем приводит к геометрическим искажениям станины и смещению режущей кромки инструмента относительно заготовки, что становится причиной брака при серийном производстве.

Новосибирская школа машиностроения традиционно уделяет значительное внимание вопросам динамики и точности металлорежущего оборудования. Разработка методов активной компенсации тепловых погрешностей без использования дорогостоящих систем термостабилизации является актуальной задачей, позволяющей повысить эффективность использования станочного

парка на отечественных предприятиях авиационной и приборостроительной отраслей.

Моделирование тепловых полей и деформаций станка

Процесс формирования температурной погрешности носит инерционный и нелинейный характер. Для построения системы компенсации используется метод регрессионного анализа, связывающий показания температур в контрольных точках станка с величиной смещения шпинделя. В качестве входных данных выступают значения от датчиков, установленных на корпусе шпинделя, гайках шарико-винтовых пар (ШВП) и станине. Математическая модель рассчитывает прогнозируемое удлинение валов и изгиб колонны, формируя корректирующий сигнал для системы ЧПУ.

Применение метода конечных элементов (МКЭ) позволяет на этапе проектирования определить наиболее критичные зоны тепловыделения. В ходе исследования было установлено, что до 70% суммарной тепловой погрешности вызвано нагревом шпиндельного узла при работе на высоких оборотах. Разработанная цифровая модель позволяет в реальном времени корректировать положение нулевой точки станка, внося поправки в управляющую программу непосредственно в процессе резания, что исключает влияние человеческого фактора на точность наладки.

Экспериментальная проверка и внедрение

Для верификации предложенных алгоритмов проводились замеры стабильности положения инструмента с использованием лазерных интерферометров и электронных уровней. Эксперименты показали, что без системы компенсации тепловой дрейф шпинделя в течение четырех часов работы может достигать 40–60 мкм. Внедрение программного модуля коррекции позволило снизить величину температурной погрешности до 5–8 мкм, что соответствует требованиям к оборудованию высокого класса точности.

Разработанная методика легко адаптируется к различным типам станков и не требует внесения конструктивных изменений в механическую часть. Это открывает возможности для модернизации существующего станочного парка предприятий, повышая их конкурентоспособность при выполнении сложных заказов. Дальнейшие исследования в НГТУ направлены на использование нейронных сетей для более точного прогнозирования деформаций в условиях многосменной работы при переменной температуре цеховой среды.

Заключение

Программная компенсация температурных деформаций является эффективным и малозатратным способом повышения точности металлорежущего

оборудования. Интеграция методов интеллектуальной обработки сигналов в системы управления станками позволяет минимизировать влияние тепловых факторов на качество выпускаемой продукции. Развитие данного направления способствует переходу к «умному производству», где оборудование способно самостоятельно корректировать параметры работы для обеспечения стабильно высокого результата обработки независимо от внешних и внутренних возмущений.

Список литературы

1. Пуш В. В. *Металлорежущие станки*. — М.: Машиностроение, 1986. — 564 с.
2. Проников А. С. *Расчет и конструирование металлорежущих станков*. — М.: Высшая школа, 1967. — 431 с.
3. Хомяков В. С., Досчев И. И. Программная компенсация температурных погрешностей станков. — М.: СТИН, 2003. — № 1. — С. 13–18.
4. Bryan J. International Status of Thermal Error Research. — *Annals of the CIRP*, 1990. — Vol. 39, Iss. 2. — P. 645–656.

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ

Дмитриева Ольга Игоревна

студент 4 курса механико-технологического факультета
Новосибирский государственный технический университет (НГТУ)
г. Новосибирск Россия

Аннотация

В данной статье исследуется влияние параметров лазерного упрочнения на микроструктуру и триботехнические свойства тяжело нагруженных зубчатых колес из конструкционных сталей. Рассматриваются механизмы формирования упрочненного слоя при термическом воздействии высококонцентрированных потоков энергии без оплавления поверхности. Представлены результаты сравнительных испытаний на контактную выносливость и абразивный износ образцов, прошедших объемную закалку и лазерную обработку. Описана методика оптимизации траектории луча для обеспечения равномерной твердости по профилю зуба, что позволяет существенно увеличить ресурс передач в редукторных системах промышленного назначения.

Ключевые слова: машиностроение, зубчатые передачи, лазерное упрочнение, износостойкость, термическая обработка, микротвердость, контактная выносливость, детали машин.

Введение

Повышение долговечности и нагрузочной способности зубчатых передач является одной из центральных задач современного машиностроения. В процессе эксплуатации активные поверхности зубьев подвергаются значительным контактными напряжениями и силам трения, что приводит к выкрашиванию (питтингу) и абразивному износу. Традиционные методы химико-термической обработки, такие как цементация и нитрирование, обеспечивают высокие эксплуатационные характеристики, однако сопряжены с длительным производственным циклом и значительными поводками деталей из-за термических деформаций.

Применение лазерных технологий в машиностроительном кластере Новосибирска открывает новые возможности для локального упрочнения критических зон деталей. Лазерная закалка позволяет получать сверхмелкозернистые структуры мартенсита с высокой твердостью при минимальном термическом воздействии на сердцевину зуба.

Это сохраняет вязкость материала, необходимую для восприятия ударных нагрузок, и исключает необходимость финишной шлифовки после термообработки.

Технология лазерного упрочнения профиля зуба

Процесс упрочнения основан на сверхбыстром нагреве поверхностного слоя стали до температур выше точки аустенитизации с последующим охлаждением за счет теплоотвода во внутренние слои металла. Ключевым фактором успеха является правильный подбор плотности мощности излучения и скорости сканирования. В рамках исследования использовалась роботизированная лазерная установка, позволяющая точно позиционировать луч относительно эвольвентного профиля зуба, включая зону переходной кривой, где часто возникают изломные напряжения.

Для предотвращения пережога кромок и обеспечения равномерности закаленного слоя применялась методика сканирования с переменным фокусным расстоянием. Анализ микроструктуры показал формирование зоны упрочнения глубиной до 0,8–1,2 мм с плавным переходом к исходной структуре. Микротвердость поверхности после лазерной обработки увеличилась в 1,5–2 раза по сравнению с исходным состоянием, достигнув значений 60–62 HRC, что сопоставимо с результатами качественной цементации.

Экспериментальная оценка триботехнических характеристик

Сравнительные испытания проводились на стенде замкнутого типа при различных режимах смазки и удельных давлениях. Испытания показали, что образцы с лазерным упрочнением демонстрируют значительно меньшую склонность к образованию усталостных трещин на поверхности. Сопротивляемость абразивному износу выросла на 35–40%, что объясняется образованием мелкодисперсных карбидных фаз и возникновением остаточных напряжений сжатия в поверхностном слое, которые препятствуют раскрытию микротрещин.

Особое внимание было уделено сохранению геометрической точности колес. Измерения на контрольно-обкаточных приборах подтвердили, что отклонения шага и профиля после лазерной закалки остаются в пределах исходного качества точности. Это позволяет интегрировать лазерную обработку в финишные операции технологического процесса, сокращая общую трудоемкость изготовления зубчатых колес и снижая себестоимость продукции без потери качества.

Заключение

Технология лазерного поверхностного упрочнения является перспективным направлением развития методов упрочняющей обработки в машиностроении. Возможность точного локального воздействия на наиболее нагруженные участки зубьев позволяет создавать высокоресурсные передачи с улучшенными массогабаритными показателями. Внедрение данных методов в производство редукторной техники способствует повышению надежности машин и оборудования, работающих в экстремальных условиях, и обеспечивает переход к высокотехнологичным способам финишной обработки металлов.

Список литературы

1. Григорьянц А. Г., Шиганов И. Н., Мисюров А. И. Технологические процессы лазерной обработки. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. — 664 с.
2. Решетов Д. Н. Детали машин. — М.: Машиностроение, 1989. — 496 с.
3. Костин А. И. Лазерная закалка деталей машин. — Новосибирск: Наука, 1990. — 156 с.
4. Steen W. M., Mazumder J. Laser Material Processing. — 4th ed. — Springer, 2010. — 558 p.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Паламарчук А., Тихонова Е. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОЙ ТЕРАПИИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ: РОЛЬ ГЕНЕТИЧЕСКИХ МАРКЕРОВ В ВЫБОРЕ АНТИГИПЕРТЕНЗИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ	4
2. Голицын Д., Морозова Е. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНДОВАСКУЛЯРНЫХ МЕТОДОВ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА	7
3. Нечаев В., Лебедева М. ПРЕЦИЗИОННЫЕ АНАЛОГОВЫЕ СХЕМЫ НА ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЯХ: АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ И МЕТОДЫ ИХ МИНИМИЗАЦИИ	10
4. Филин П., Маратов И. МНОГОФАЗНЫЕ ИМПУЛЬСНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ С КОРРЕКЦИЕЙ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ	13
5. Громов С., Тихонова А. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СЕНСОРЫ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ: ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ	16
6. Мещеряков Р., Орлова Е. ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ВСТРАИВАЕМЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ УСТРОЙСТВ С АВТОНОМНЫМ ПИТАНИЕМ	19
7. Карпенко Д. ПРИМЕНЕНИЕ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРОВ С ШИРОКОЙ ЗАПРЕЩЁННОЙ ЗОНОЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ	22
8. Васильева А. АНАЛИЗ УЯЗВИМОСТЕЙ В СИСТЕМАХ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЕТЯХ.....	25
9. Пупкова Д. РАЗРАБОТКА АДАПТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СРЕДЫ	27
10. Вебер Д. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В ЭНЕРГЕТИКЕ	29

11. Куликов М. ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ЦЕПОЧКАМИ ПОСТАВОК	32
12. Данилов И. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ НЕИНВАЗИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ФИБРОЗА ПЕЧЕНИ ПРИ ХРОНИЧЕСКИХ ДИФФУЗНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ	35
13. Григорьев М., Воронина Ю. АЛГОРИТМЫ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ ОПУХОЛЕВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ	38
14. Бондар М. ПРИМЕНЕНИЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ В ЗАДАЧАХ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАФИКА В САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ	41
15. Беляев А. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ В КОНЦЕПЦИИ SMART GRID	44
16. Джембарова Г., Назгылыджова С. СЕЙСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАЗВЕДКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	46
17. Гылыджова Б., Джембарова Г. ГЕОМЕХАНИКА И НАПРЯЖЁННОЕ СОСТОЯНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ	49
18. Дурдымырадова О., Реджепова О. КАРОТАЖ СКВАЖИН И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ КАРОТАЖНЫХ ДАННЫХ НА НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ: МЕТОДОЛОГИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ	52
19. Хабылов Р., Нурмаммедов Б. ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ МЕТОДЫ РАЗВЕДКИ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	55
20. Маменова О., Нурмаммедов Б. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ НЕФТЕНОСНЫХ ПЛАСТОВ: ФАКТОРЫ НЕОДНОРОДНОСТИ И МЕТОДЫ ИХ ИЗУЧЕНИЯ	58
21. Сарыгулова Т., Сопиева Х. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКА УГЛЕВОДОРОДОВ	61

22. Маменова О., Нурджыков П. ГОРИЗОНТАЛЬНОЕ БУРЕНИЕ И МНОГОСТАДИЙНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАЗРЫВ ПЛАСТА	64
23. Сарыгулова Т., Реджепова О. ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ СТРОЕНИЯ СЛОЖНОПОСТРОЕННЫХ КАРБОНАТНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ	67
24. Полякова Е. ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНФИГУРАЦИЙ КРЫЛА ГРАЖДАНСКИХ САМОЛЕТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ.....	70
25. Климов В. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНЕРА ОТ АТМОСФЕРНОЙ КОРРОЗИИ И ЭРОЗИИ.....	73
26. Миронова Д. АЛГОРИТМЫ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	76
27. Семенов И. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	79
28. Кузнецова М. ПРОЧНОСТНОЙ АНАЛИЗ ПЛАНЕРА САМОЛЕТА ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ.....	81
29. Паплович А. ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ ПУТЕМ КОМПЕНСАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ.....	83
30. Дмитриева О. ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ	86

Научное издание

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС И СОВРЕМЕННЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ

**Сборник статей Международной
научно-практической конференции
2 мая 2026 г.**

В авторской редакции Издательство не несет ответственности за опубликованные материалы. Все материалы отображают персональную позицию авторов. Мнение Издательства может не совпадать с мнением авторов

Подписано в печать 04.05.2026 г. Формат 60x90/16.

Печать: цифровая. Гарнитура: Times New Roman

Усл. печ. л. 11,00. Тираж 500. Заказ 2614.

**Адрес редакции:
Россия, 630000, г. Новосибирск, ул. Б. Советская, 12/1.
E-mail: gorizontynauki.ru**