IV Університетська науково – практична студентська конференція магістрантів Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”

(23-25 березня 2010 року)

Матеріали конференції

У чотирьох частинах

Частина 2

Харків 2010

СЕКЦІЯ 3.
ФУНДАМЕНТАЛЬНІ І ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ В МАШИНОБУДУВАННІ

УДК 621.9

САЧЕК Н.С., ДРИНЕВСКАЯ Т.Е., ОТЮЦКИЙ А.А., ДОБРОТВОРСКИЙ С.С., докт. техн. наук, ***ИВАЩЕНКО Е.В.***

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ОБРАБОТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Обработка резанием является наиболее используемым в промышленности процессом размерной обработки деталей. Процесс изготовления деталей со сложными поверхностями на этапе технологической подготовки производства является очень трудоёмким.

Высокоскоростная обработка (HSM – High Speed Machining) – это стратегия обработки, при которой сочетается небольшая радиальная глубина резания с высокими подачами.

Высокоскоростное резание (фрезерование, шлифование и точение) за последние годы совершило революционный переворот в методах механообработки.

HSM имеет ряд положительных отличительных особенностей и технических преимуществ по сравнению с традиционной обработкой.

Первое официальное объяснение явления HSM было предложено Карлом Саломоном в 1931 году (патент № 523594, April 1931, Германия).

Формирование стружки – наиболее важный аспект HSM.

При фрезеровании высокоскоростная обработка (HSC – High Speed Cutting) характеризуется высокой скоростью резания, которая, в свою очередь, зависит от частоты вращения шпинделя при той же скорости резания и наоборот.

Благодаря более высокой скорости обработки возможно получение более узких зазоров между рядами (строками) фрезерования, что способствует улучшению качества поверхности детали.

На основании сравнения проведенных теоретических исследований и практических результатов, представленных специалистами компании SECO, были определены значения высоты профиля неровностей H (мкм), оставляемые рядом HSM инструмента.

В процессе, оптимизированном для HSM обработки, именно инструмент служить ограничителем скорости резания и производительности.

Правильно выбранное покрытие значительно удлиняет жизнь инструмента, обеспечивая длительную защиту твердого сплава от трения и высокой температуры.

При увеличении скорости резания уменьшается шероховатость поверхности.

Для высокоскоростной обработки используются высокоскоростные центры.

HSM применяется при обработке пресформ на получистовых и чистовых операциях по упрочнённой стали (48-62 HRc) за короткое машинное время.

УДК 621.91

СЕЛЕЗЕНЬ Р.М.**, *ШЕЛКОВОЙ А.Н.,*** докт. техн. наук

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ВАЛ» НА ГПМ ИРТ180 ПМФ4

В настоящее время разрабатываются программные пакеты, с помощью которых возможно размещать фрагменты на разных слоях, а затем послойно визуализировать эту «многослойную» модель, в нашем случае из отдельно взятых модулей станка, а если речь идет о детали, то из припусков на предыдущей и последующих обработках. Встроенный командный язык позволяет написать командные файлы для управления процессом визуализации. В результате на базе синтезированной трехмерной модели можно получать программы моделирования этапов удаления слоев металла, на поверхности заготовки, с последующим переходом к получению детали. Моделирование обработки в трехмерной среде позволяет заранее определить возможные варианты обработки данного типоразмера деталей, выбора наиболее благоприятного для данного типоразмера деталей инструмента и соответственно назначить режимы резания. Только использование трехмерной многослойной модели позволяет быстро и качественно подобрать необходимые типоразмеры модулей необходимых для обработки данного типоразмера деталей, так как это очень легко сделать простой заменой или добавлением к модели из имеющейся библиотеки трехмерных моделей необходимого модуля.

Применение трехмерного моделирования позволило проводить измерения всех необходимых длин, углов и диаметров для проектирования участка цеха с элементами данного типа оборудования в исходном состоянии и при пространственных трансформациях, что имеет существенное значение при оценке проектируемых конструктивных особенностей участка, в определении оптимального способа.

Рассмотрим математическую модель, на примере, гибкого производственного модуля типа «Модуль ИРТ180ПМФ4» представленого на рис.1.

Специальный токарно-многоцелевой патронный полуавтомат модели ИРТ180ПМФ4 предназначен для комплексной патронной обработки особо сложных деталей из черных и цветных металлов и выполняет операции точения, фрезерования плоскостей, поверхностей и пазов сложной конфигурации,

сверления отверстий по наружной цилиндрической и торцовой поверхностям детали, нарезания резьб резцами и метчиками.

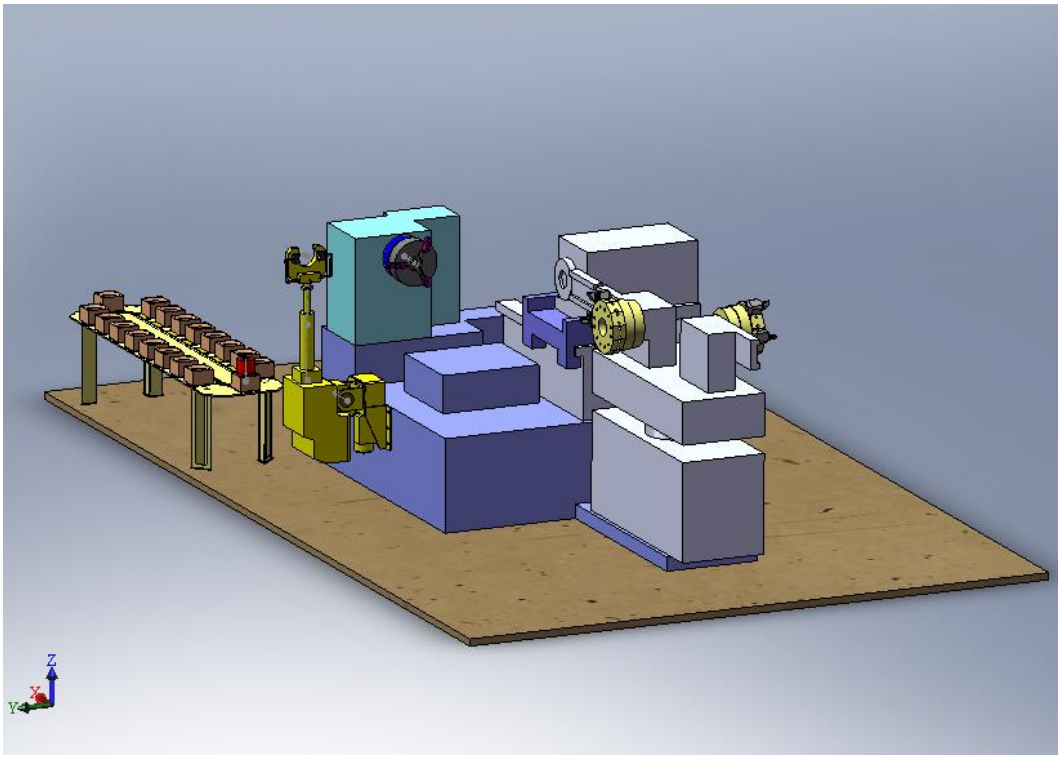


Рис. 1. Математическая модель ГПМ типа «Модуль ИРТ180ПМФ4»

Полуавтомат имеет общую прямоугольную станину, на которой жестко закреплена шпиндельная бабка. По накладным стальным закаленным направляющим параллельно оси шпинделя продольно перемещаются каретка, на которой расположен поперечно-подвижной ползун со встроенной револьверной головкой и приводом на сверлильно-фрезерные инструментальные блоки.

Разработанная трехмерная модель позволяет провести структурный графический анализ конструкции станка, наглядно определить возможные варианты используемых сменных модулей, инструмента и типоразмера обрабатываемых деталей.

Таким образом, основные преимущества, которыми обеспечивают нас многоцелевые станки, - это меньшее время обработки, увеличение такта выпуска, повышение и стабильность качества выпускаемой продукции. Плюсом обработки за один установ является исключение погрешности, появляющейся при переустановке заготовки.

Устройства автоматической смены инструмента (магазины, автооператоры, револьверные головки) должны обеспечивать минимальные затраты времени на смену инструмента, высокую надежность в работе, стабильность положения инструмента, т.е. постоянство размера вылета и положения оси при повторных сменах инструмента, иметь необходимую вместимость магазина или револьверной головки.

Виртуальная картинка гибкого производственного модуля типа «Модуль ИРТ180ПМФ4», полученная с помощью системы трехмерного моделирования дает обширное представление о возможностях данного класса оборудования. Синтезированные компьютерные модели служат основой решения задач для предпроектного планирования и моделирования хода будущей обработки заготовки с учетом многих технических возможностей.

УДК 621.91

СЕМЕНЧУК С.В.**, *КАРПУСЬ В.Є.*****,** докт. техн. наук

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ВАЛІВ

Підвищення ефективності механічної обробки пов’язане з інтенсифікацією процесів формоутворення. Інтенсифікація формоутворення являє собою фіктивну швидкість розосередженої технологічної дії на об’єкти обробки, яка здійснюється кінематично або структурно пов’язаними між собою різальними інструментами, визначену з урахуванням технологічних, конструкційних та експлуатаційних факторів. Розглядаються наступні ієрархічні рівні критерію інтенсивності формоутворення: технологічна інтенсивність формоутворення, циклічна інтенсивність формоутворення, інтенсивність багатоінструментальної наладки, нормативна інтенсивність формоутворення.

Ці показники визначаються для різних матеріалів заготовок (сталь, чугун, алюміній) та різальної частини інструмента (швидкорізальна сталь, твердий сплав), кількості різальних інструментів (у випадку багатоінструментальної обробки) і виду обробки (чорнова або чистова).

Запорукою високої ефективності механічної обробки є використання високопродуктивного автоматизованого технологічного обладнання та гнучких виробничих систем. Обробку деталей типу тіл обертання доцільно виконувати на металорізальних верстатах з ЧПК для обслуговування яких можуть використовуватись робокари (наприклад моделі КМ10М-01), приймальні пристрої (наприклад моделі ПУ-0.5), промислові роботи (наприклад моделі УМ160Ф2.81.01), маніпулятори та інші промислові устаткування.

З метою інтенсифікації процесів механічної обробки передбачається застосування технологічної оснастки, яка дозволяє здійснити концентрацію технологічних переходів, відзначається швидкодією, гнучкістю та ін. Наприклад, для обробки деталей «шпиндель» 3М132В та «вал-шестерня» 3М151 використовується багаторізцевий тримач (патент України №24139), багатошпиндельна головка для токарного верстата (патент України №36305), установочно-затискний переналагоджувальний пристрій на основі базуючої призми, що автоматично регулюється (патент України №31416), комбінований різець (патент України №24137), швидкозмінний різцевий блок (патент України №31382).

Використання вказаної технологічної оснастки дозволяє підвищити інтенсивність формоутворення шляхом зменшення основного та допоміжного часу, одночасно підвищуючи точність обробки.

УДК 62.762.62

СЕРГЄЄВ О.Г., ЧЕРНИШ В.М.

МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОПНЕВМОПРИТИСКАННЯ КОПІРА ДО ОПОРНОГО РОЛИКА

Для підвищення якості шліфування кулачка виникає необхідність стабілізації сили, яка діє на силу різання. Цього можливо досягнути шляхом заміни пружин, що притискаються на гідроциліндр, який забезпечує, завдяки специфічному підключенню до розподільчого золотника, постійне зусилля прижиму, в незалежності від радіуса кривизни копіра.

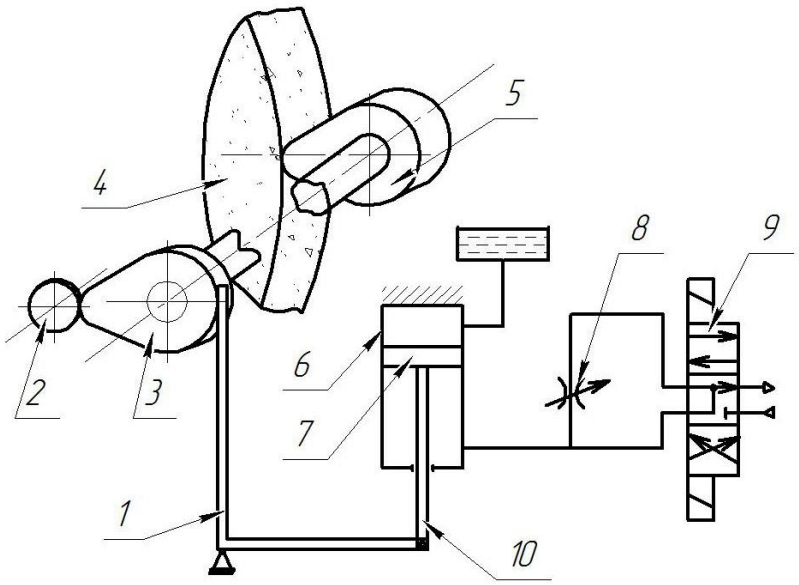


Рис 1. Схема приводу притиску копіру
1 – люлька передньої бабки; 2 – опорний ролик; 3 – копір; 4 – шліфувальний круг;
5 – кулачок, що шліфується; 6 – гідроциліндр; 7 – поршень;
8 – регулюючий дросель; 9 – розподільний золотник; 10 – шток.

Представлений привід функціонує наступним чином. Електричний сигнал керування подається на вхід золотникового розподільника. Витрата рідини, що циркулює по трубопроводу, з'єднує напірне та зливне вікно розподільника через регульований дросель. Трубопроводом здійснено з'єднання штокової порожнини виконавчого гідроциліндра з напірним трубопроводом на вході в дросель. Безштокова порожнина гідроциліндра з'єднується трубо-

проводом з окремим гідробаком. Робоча рідина, яка знаходиться в баці створює напір та надає на привід незначного впливу.

Шток гідроциліндра через шарнірно-важельний механізм передає зусилля на люльку, яка має вісь обертання. Зусилля від штока викликає поворот люльки навколо осі та підтиск копіра до ролика.

УДК 621.7

СИДОРЧУК Д.П., ДОБРОСКОК В.Л., докт. техн. наук

ОСОБЕННОСТИ ОПТИКО-ЦИФРОВОГО СКАНИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПРИ РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ ПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЬЮТЕРНОГО ДИЗАЙНА

В настоящее время требования к внешнему виду изделия постоянно меняются, и успешность его реализации напрямую зависит от оригинальности дизайна. Конкуренция во всех отраслях промышленности требует от современных компаний быстрой реакции на запросы потребителей и сокращения сроков подготовки производства новых изделий. Сократить время разработки трехмерных моделей позволяет использование обратного инжиниринга (Reverse engineering). В ряде случаев это единственная возможность описать изделие, на которое отсутствует конструкторская документация.

Процесс обратного инжиниринга включает следующие этапы: предварительный анализ конструкции изделия; проведение 3D измерений; построение и контроль твердотельной 3D модели, и ее доработка (при необходимости).

Основные области применения обратного инжиниринга - автомобилестроение, авиастроение (для проведения аэродинамических испытаний полученных изделий) и производство потребительских товаров.

В условиях кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко имеется возможность получать 3D модель изделия с использованием оптико-цифровой установки объемного сканирования Imetric IScan II.

Перед оптико-цифровом сканированием проводится подготовка измеряемого изделия, для этого его покрывают серой антибликовой аэрозольной краской. Также наклеивают светоконтрастные маркеры, которые служат реперными точками для взаимного ориентирования систем точек, полученных с различных ракурсов. Если изделие имеет сравнительно небольшие размеры (не позволяющие наклеить маркеры), то оно может быть отсканировано на столе с нанесенными светоконтрастными маркерами. Затем выполняется настройка установки: задание расположения камеры с обеспечением фокуса на поверхности изделия и уровня яркости фотосъемки для этапов сканирования поверхности (обеспечивая отсутствие бликов) и определения маркеров (рис. 1).

В результате многократного сканирования с различных ракурсов получают набор систем точек, каждый из которых описывает определенную об-

ласть поверхности. При сканировании изделия необходимо обеспечивать следующие условия:

- не меньше десяти реперных точек при сканировании с одного ракурса;
- при каждом последующем сканировании определять минимум четыре реперные точки.

Работа с установкой Imetric IScan II и первичная обработка систем точек производится с использованием приложения Qspect.

Файл *.asc содержащий измеренные системы точек передается в один из программных пакетов (например, GeoMagic Studio, Magic RP или CopyCAD) для дальнейшей обработки. Система точек редактируется (автоматически или вручную), очищается от «шумов», «выбросов» и пр. Выполняется триангуляция (аппроксимация треугольниками) полученной точечной поверхности. Триангуляционная модель редактируется и при необходимости имеется возможность добавлять отдельные элементы изделия, предварительно создав их в CAD программе (например, PowerSHAPE, SolidWorks или Компас 3D). Результирующая триангуляционная модель может быть преобразована для дальнейшего использования в форматы отдельных CAD/CAM программ (рис. 2).

Рис. 1. Изделие, подготовленное к сканированию

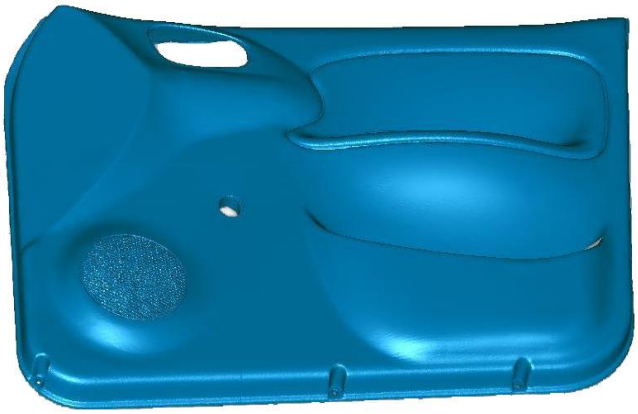


Рис. 2. Готовая триангулированная модель

Полученные при сканировании трехмерные модели изделия можно материализовать, используя генеративные технологии, такие как: селективное лазерное спекание, лазерная стереолитография, 3D печать и др.

Оптико-цифровое сканирование имеет ряд преимуществ по сравнению другими методами обратного инжиниринга:

- отсутствие контакта с измеряемой поверхностью;
- высокая точность измерений;
- возможность воссоздания криволинейных поверхностей;
- упрощение работы дизайнера за счет возможности создавать модели по изделиям из пластичных материалов (глина, пластилин и др.).

Метод оптико-цифрового сканирования позволяет получить 3D модель изделия с достаточно высокой точностью, минимальными затратами матери-

альных ресурсов и времени, по сравнению с традиционными технологиями проектирования.

УДК 532.528

СИКАРЕВ В.В.**, *ФЕСЕНКО А.В.*****,** канд. техн. наук,
СИЗЫЙ Ю.А.**,** докт. техн. наук., ***ЛЮБИМЫЙ Ю.Н.***

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ СОЖ ПРИ КРУГЛОМ НАРУЖНОМ ШЛИФОВАНИИ

Практика использования СОЖ при шлифовании убедительно доказывает, что ее влияние в наибольшей степени проявляется только при условии проникновения непосредственно в зону взаимодействия вновь образующихся на заготовке, круге и стружке поверхностей. Использование избыточного количества СОЖ не приводит к дополнительным положительным результатам, а лишь повышает производственные расходы. Поэтому несомненный научный и практический интерес представляют исследования, направленные на изучение методов активации СОЖ и процессов, происходящих при этом.

Активации жидкости способствует ее кавитационная обработка, которая изменяет физико-химические свойства СОЖ, интенсифицирует химико-технологические процессы. Для достижения этих целей применяется различное оборудование, но наиболее эффективным является гидродинамический импульсный генератор кавитации роторного типа (см. рис. 1). За счет интенсивного перемешивания, возникновения мощной импульсной кавитации и механического диспергирования эмульсия становится тонкодисперсной и стабильной, что положительно сказывается на процессе шлифования, увеличивает срок использования СОЖ и ее бактериологическую стойкость.

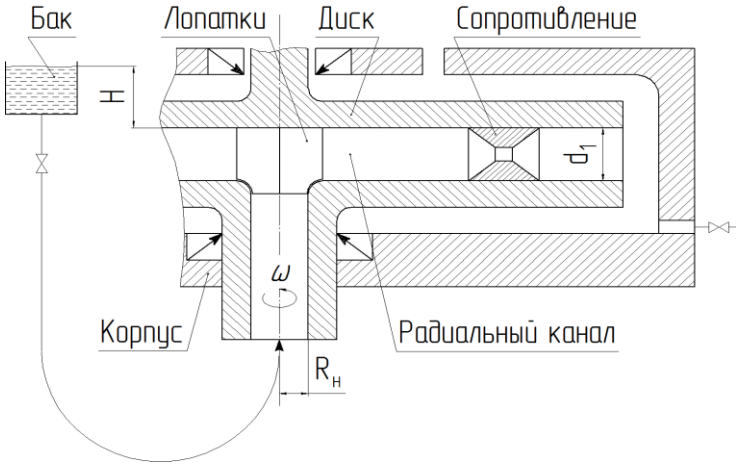


Рис. 1. - Схема роторного импульсного аппарата (РИА)

Корпус, в котором установлен диск, сообщается с атмосферой. Диск установки, в котором расположено несколько радиальных каналов диаметром d_1, приводится во вращение электродвигателем с угловой скоростью ω. Жидкость из бака попадает в соединенный с ним осевой канал ротора, откуда, под действием центробежных сил от вращения, распространяется по радиальным каналам. Уровень жидкости в баке немного выше (на высоту *H*) верхнего уровня отверстия в диске, что способствует вытеканию жидкости из бака под действием силы тяжести.

В радиальном канале ротора струя жидкости будет сжиматься и ускоряться под влиянием центробежных сил $j = \omega^2 \cdot R$, что приведет к уменьшению ее диаметра. Диаметр d_c такой струи в каждом сечении канала можно определить по следующей формуле:

$$d_c(R) = d_1 \cdot \sqrt{R_н/R}.$$

Уменьшение диаметра потока жидкости приведет к образованию разрежения в канале ротора и понижению давления P самой жидкости. Таким образом, давление P в каждом сечении канала можно вычислить по формуле:

$$P(R) = P_н \cdot (1 - \sqrt{R_н/R}),$$

где $P_н$ – давление жидкости на входе в радиальный канал.

Если в канале ротора установить втулку, внутренний диаметр которой меньше, чем диаметр струи, жидкость получит дополнительное ускорение. В сечении, где втулка имеет наименьший диаметр отверстия будут зафиксированы наибольшая скорость жидкости и наименьшее давление. Это приведет к интенсивному выделению газа и пара из жидкости в виде пузырьков. Затем захватываемые струей жидкости пузырьки, попадут в область более высокого давления, где будет происходить их схлопывание, сопровождающееся локальным нагревом жидкости и ударными волнами.

Таким образом, в РИА гидродинамическое воздействие реализуется за счет влияния следующих факторов:

- интенсивная кавитация, возникновение которой обусловлено местным понижением давления в потоке жидкости;
- ударные волны и вторичные нелинейные акустические эффекты при захлопывании парогазовых кавитационных каверн;
- пульсации давления и скорости потока жидкости;
- развитая турбулентность.

РИА являются эффективным оборудованием для многофакторного импульсного воздействия на гетерогенную жидкость с целью получения стабильных, высокодисперсных эмульсий, интенсификации процессов раство-

рения и экстрагирования веществ, изменения физико-химических параметров жидкости, что, в свою очередь, оказывает непосредственное влияние на процесс шлифования.

Также в прикладном программном пакете VisSim разработана математическая модель, которая позволяет в каждом сечении канала вращающегося ротора определить скорость, давление и диаметр потока жидкости. Входными параметрами для такой модели являются: частота вращения ротора, состав жидкости, ее плотность, вязкость, и т.д. Это позволит определить режимы работы РИА и другие условия, при которых будет возникать кавитация жидкости с наивысшей интенсивностью, что, в свою очередь, повысит качество приготавливаемой СОЖ.

УДК 621.9

***СИНЮГИНА О.Я.*, *ПЕРМЯКОВ А.А.*,** докт. техн. наук

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПОНОВОК МНОГОПОЗИЦИОННЫХ СТАНКОВ

Современное технологическое оборудование образует большое множество разнообразных компоновочных схем, конструктивных форм и размеров. Причиной тому многообразие решаемых технологических задач. В процессе развития технологии машиностроения, как науки, и в частности теории производительности, именно необходимость реализации различных структур выполнения технологических операций привело от простых одношпиндельных одноинструментных компоновок станков к компоновкам сложной структуры.

Многопозиционные агрегатных станки и автоматические линии по реализации сложных технологических процессов обработки деталей в полной мере могут быть отнесены к технологическим системам, а по своей структуре и количественному составу входящих в них элементов – к сложным системам.

Станки и системы, как и большинство технических объектов, прошли период унификации. Это привело к возникновению идеи создания технологического оборудования на базе общих целевых узлов-агрегатов. Обсуждая вопрос целесообразности исследований в области компонетики технологических систем, создаваемых из набора унифицированных элементов, следует обратиться к идеям принципа агрегатирования в станкостроении. Агрегатирование обеспечивает: сокращение сроков и стоимости проектирования и изготовления, повышение производительности обработки за счет высокой концентрации операций, снижение себестоимости обработки.

Учитывая, что анализ - это процесс обработки имеющейся информации,а синтез – процесс соединения или объединения ранее разрозненных ве-

щей или понятий в нечто качественно новое, то соединение двух этих понятий предоставляет широкие возможности в совершенствовании технологических компоновок многопозиционных станков.

За длительный период развития агрегатированного оборудования наукой и практикой разработаны общие принципы проектирования технологических процессов обработки деталей в таких системах, созданы параметрические ряды конструкций унифицированных узлов и агрегатов, сформированы основные компоновочные схемы. Однако потенциальные возможности, заложенные в агрегатно-модульном принципе построения станков и систем, раскрыты еще не полностью.

Современное отечественное машиностроение должно развиваться в направлении автоматизации производства с широким использованием ЭВМ и роботов, внедрения гибких технологий, позволяющих быстро и эффективно перестраивать технологические процессы на изготовление новых изделий, а так же на разработку новых методов обработки.

УДК 62-82.001.63

СТЕПАНЕНКО В.В.**,** ***ДМИТРІЄНКО О.В.,*** канд. техн. наук

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ГІДРОПРИВОДУ АВТОМАТИЧНОГО МАНІПУЛЯТОРА ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ШТАМПОВОК КОЛЕНВАЛІВ

В доповіді розглядається гідросистема, призначена для живлення виконавчих механізмів автоматичного маніпулятора, який переміщує штамповки коленвалів з одного конвеєра на інший, а також для механізмів захвату.

Основним вузлом гідроприводу маніпулятора є гідростанція, яка включає бак, насос, приводний електродвигун, фільтр, теплообмінник і контрольно-регулюючу апаратуру. Гідроапаратура скомпонована на панелі й установлена на верхній кришці бака гідростанції. З'єднання вузлів і елементів гідросистеми здійснюють за допомогою трубопроводів і шлангів. Гідросистема маніпулятора має два режими роботи: режим розвантаження (або режим холостого ходу) і робочий режим – режим переміщення коленвалів.

У режимі розвантаження масло, що нагнітається насосам через фільтр грубого очищення, підводиться до функціонального замикаючого блоку та блоку функціонального підводу і через з'єднувально-монтажний модуль в лінію нагнітання, а далі через зворотній клапана до функціональних блоків. По досягненню граничного тиску масла в напірній лінії, клапан автоматичного розвантаження відкривається, і масло переходить з лінії нагнітання в лінію зливу.

У робочому режимі насос запитує маслом гідророзподільники, тому тиск масла перед гідророзподільниками у напірній лінії нижче тиску настро-

ювання клапана автоматичного розвантаження. У цьому випадку розвантаження припиняється, запобіжний клапан перекриває лінію зливу, і масло, що нагнітається насосом, надходить до гідророзподільників.

Відповідно до заданої циклограми роботи привода автоматичного маніпулятора для переміщення штамповок коленвалів складена схема гідравлічна принципова.

Проведені розрахунки для вибору номенклатури виконавчих механізмів та розподільно-регулюючої апаратури. Це являється основою для розробки повної математичної моделі виконавчих механізмів і гасителя, яка враховує складні гідромеханічні процеси. З математичної моделі отримана передаточна функція, яка дозволила проаналізувати динамічні характеристики даного маніпулятора.

Проаналізовано вплив конструктивних та робочих параметрів виконавчих механізмів на динаміку системи маніпулятора. Наведені рекомендації по проектуванню.

УДК 62-874, 62-237

СТЬОПОЧКІНА О.В., ГРИГОРОВ О.В., докт. техн. наук

ПЕРЕКОСИ МОСТОВИХ КРАНІВ ТА ШЛЯХИ ЇХ ЗМЕНШЕННЯ

Перекіс крана (забігання однієї з його опор) сприяє зносу ходових коліс і підкранових колій; додатковому опору руху; навантаженню на елементи металоконструкції та механізм пересування, а також на підкранові спорудження.

Перекіс крана має комплексну природу, виникає як результат дії зв'язаних між собою процесів на мікро й макрорівні і тому є традиційно складним об’єктом для дослідження.

Перекіс залежить від геометрії та жорсткості остову крану, конструкції коліс та балансирів, механічних характеристик двигунів та способу управління електроприводом та супроводжується зусиллями, що мають коливний характер, з амплітудою, перевищуючою зусилля, отриманими відповідно до норм розрахунку.

Можливий також значний перекіс крана, пов’язаний з аварійним гальмуванням.

Згідно до діючих норм розрахунку, перекісні навантаження визначаються та ураховуються по-різному в залежності від вантажопідйомності крана (СТО24.09-5821-01-93 – для мостових кранів вантажопідйомністю до 50 т та РТМ24.190.07-85 – для кранів вантажопідйомністю понад 50 т).

Більш загальна та більш складна методика розрахунку наведена в ДСТУ EN 13001-2-2001. Ця методика основана на класифікації типів з’єднань колі-

сних пар (рис. 1) та розглядає кран як пружне тіло, що повертається навколо миттєвого центру (рис. 2)

	З'єднані (С)	Незалежні (І)
Жорстке/ жорстке (F/F)		
Жорстке/ рухоме (F/M)		

Рис.1.

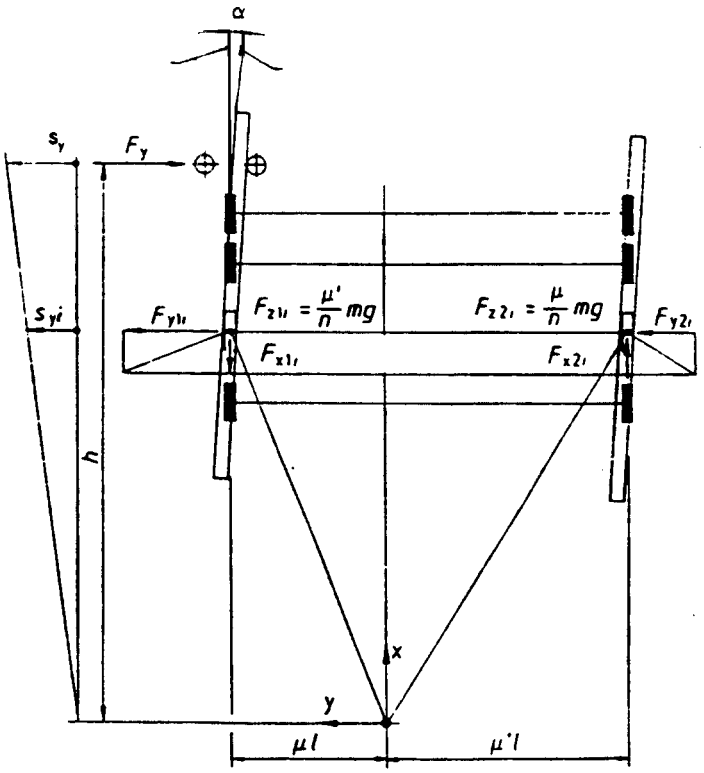


Рис. 2.

Але ця теорія може давати некоректні результати, наприклад, для кранів із складними балансирами, із шарнірно з'єднаними кінцевими балками, із нежорстким мостом і т.д.

Специфікою ПТМ є розповсюдженість нестандартних конструкцій, у тому числі, таких, для яких складно застосовувати строгу класифікацію, тому найбільшу цінність могла би мати як можна більш універсальна теорія, із кінцево-елементним нестаціонарним розрахунком металоконструкції, із урахуванням характеристик двигунів, із можливістю частотного аналізу коливань.

Шляхи зниження перекісних навантажень – це переважно різноманітні консервативні методи (підвищення точності установки рейок, коліс, зниження сил опору переміщенню), а також упровадження активних систем керування рухом, що забезпечують синхронізацію руху опор, чи, в більш загальному випадку, незмінність геометрії крану.

УДК 621.923

ТАРАНЕНКО Т.В.**, *ПЫЖОВ И.Н.,*** докт. техн. наук

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРОЧНОЙ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА РАЗЛИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ЛЕЗВИЙНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ ПСТМ

Большинство поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ), используемых для изготовления лезвийных инструментов, являются проводниками электрического тока благодаря наличию в их составе металлических включений (металлической фазы). Установлено, что наилучшие результаты с точки зрения выходных (и особенно качественных) показателей обработки обеспечиваются в случае использования методологии выборочной предпочтительной целесообразной последовательности реализации потенциала различных процессов формообразования лезвийных инструментов из ПСТМ. К этим процессам в первую очередь следует отнести электроэрозионную обработку (ЭЭО) профилированным и непрофилированным электродами – инструментами (ЭИ), а также алмазное шлифование с электрохимической и электроискровой правкой токопроводящих кругов [1]. Важность такого подхода приобретает особое значение в случае использования заготовок ПСТМ больших размеров (когда требуется их предварительный раскрой), а также при необходимости получения сложного профиля.

В данной работе рассмотрены некоторые особенности ЭЭО ПСТМ на основе алмаза непрофилированным ЭИ. Как известно, основное отличие механизма удаления припуска при обработке гетерогенных (какими являются ПСТМ) от гомогенных материалов связано с наличием алмазных зерен, являющихся диэлектриками, между которыми, как правило, находится некоторое количество металлической связки, наличие которой и делает его электропроводным. Схема удаления ПСТМ непрофилированным ЭИ (проволокой) представлена на рисунке.

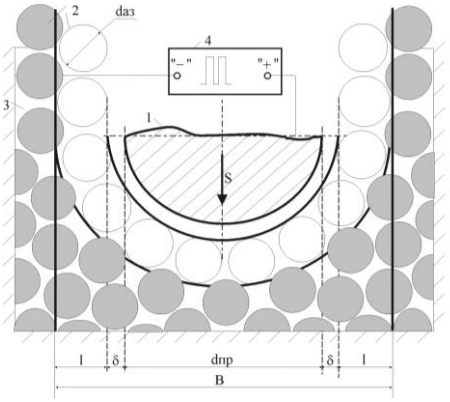


Рис. Схема удаления припуска с ПСТМ непрофилированным ЭИ:
1 - проволочный электрод-инструмент; 2 - алмазные зерна;
3 - токопроводящая связка;4 - генератор электрических импульсов.

Ширина реза при этом определяется по выражению [2]:

$$B = d + 2 \cdot \delta + 2 \cdot l \,,$$

где B-ширина прорезаемого паза; d-диаметр проволочного ЭИ; δ-величина межэлектродного промежутка; l-глубина лунок от электроэрозионных разрядов.

Установлено, что в силу наличия так называемого «краевого» эффекта режущие кромки представляют собой наиболее уязвимую часть рабочей поверхности лезвийных инструментов из ПСТМ. Как и при обработке других рабочих поверхностей инструментов, качество кромок является функцией многих параметров. Однако их влияние в данном случае проявляется более интенсивно.

Можно предположить, что условия, способствующие увеличению производительности ЭЭО, будут одновременно обеспечивать снижение качества режущих кромок. Производительность ЭЭО ПСТМ во многом обусловлена составом и свойствами компонентов, составляющих структуру самого поликристалла. Основными из них считаются процентное содержание металлической связки в их составе и размер зерен исходного микропорошка сверхтвердого материала.

Важна роль и технологической среды. Так при ЭЭО в воде возрастают потери энергии в канале разряда [3] и, как следствие этого, при одинаковой величине энергии импульсов уменьшаются размеры лунок при одновременном росте межэлектродного промежутка. С другой стороны, при разряде в воде в отличие от электрического разряда в жидких углеводах практически отсутствует обратная полуволна тока и минимально возможное значение токоограничивающего сопротивления в зарядной цепи может быть меньше. Следовательно, при ЭЭО в воде реализуемая мощность ГИ больше, чем для керосина.

В воде отсутствуют твердые продукты разложения, свойственные ЭЭО в жидких углеводах, а также ускоряется выведение продуктов путем струйной подачи воды в зону. Этим можно объяснить стабильность процесса при обработке большинства материалов, и, в конечном счете, более высокую производительность ЭЭО в воде.

Кроме этого вода является более приемлемой рабочей жидкостью с точки зрения пожарной безопасности и меньшей стоимости.

Список литературы: 1. *Пыжов И.Н.* Научные основы формообразования лезвийных инструментов из поликристаллических сверхтвердых материалов: дис. … д-ра техн. наук: 05.03.01.– Харьков: - 2009. – 405 с. **2.** *Аренков А.Б.* Основы электро-физических методов обработки материалов.- М.: Машиностроение, -1967.- 372с. **3.** Размерная электрическая обработка металлов: Учебное пособие для студентов вузов / *Б.А. Артамонов, А.Л. Вишницкий, Ю.С. Волков, А.В. Глазков. Под ред. А.В. Глазкова.* - М.: Высш. школа, -1978. -336с.

УДК 621.73.65

***ТКАЧЕНКО О.В.*, *ЯКОВЕНКО И.Э.*,** канд. техн. наук

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕМ ОБОРУДОВАНИИ

Большое многообразие металлорежущего оборудования предлагаемого на рынке выдвигает требование оптимального учета различных факторов при его выборе на стадии технической подготовки производства, особенно для производства изделий с относительно недолгим жизненным циклом. Одним из таких факторов является вспомогательное время выполнения технологических операций, которое для различных объектов производства и различных групп оборудования может варьироваться в очень широких пределах, что в свою очередь влияет на гибкость технологической системы и, в конечном итоге, на технологическую себестоимость выпускаемых изделий.

В [1] предлагается коэффициент номенклатурной гибкости $Г_{Т.Н}$, который отображает возможность единицы основного технологического оборудования перестраиваться на производство других изделий:

$$\tilde{A}_{\grave{O}.\acute{i}.} = \left(\left(\sum_{j=1}^{n} t_{mj} / n \right) / \left(\sum_{j=1}^{n} t_{mj} / n + 2 \cdot \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} t_{ij} / n \cdot (n-1) \right) \right) / (1 - 1/n),$$

где t_{mj} – время, затрачиваемое на производство изделий j – го наименования;

t_{ij} – время, затрачиваемое на переналадку системы выпускающей изделия i – го наименования, при переходе к выпуску изделий j – го наименования;

n – количество производственной партии изделий.

Очевидно, что вспомогательное время как на выполнение операций, так и на переналадку оборудования будет оказывать значительное влияние на показатель данного коэффициента. Поэтому автоматизация расчета этого показателя позволит более полно учесть различные факторы, влияющие на выбор технологического оборудования, особенно на ранних стадиях технической подготовки производства новых изделий.

Существующие нормативы расчета вспомогательного времени выполнения технологических переходов опираются на различные методики и учитывают достаточно большое число факторов, зависящих от типа производства. С другой стороны за последнее время появилось большое количество оборудования, для которого значительный объем вспомогательных перемещений никак не отражен в существующих нормативах из-за появления новых прогрессивных конструкций различных элементов станков (встречные шпиндели, устройства параллельной кинематики, многоинструментные головки со сменой инструмента в процессе обработки и др.).

Авторы предлагают методику автоматизации расчета вспомогательного времени выполнения операций и времени наладки оборудования на выпуск нового изделия, основанную на корреляционном анализе существующих нормативов расчета вспомогательного времени для различных типов производства и установленные закономерности вспомогательного времени выполнения вспомогательных действий для нового прогрессивного оборудования. Данная методика основана на установлении факторов оказывающих влияние на все элементы нормирования вспомогательных процессов в ходе выполнения технологических операций на различных типах оборудования таких, как:

- пространственная конфигурация и масса заготовки;
- конструкция и способ закрепления заготовки в ходе выполнения операции;
- необходимость использования дополнительного технологического оснащения;
- автоматизация различных процессов вспомогательных перемещений;
- особенности конструкции режущего и вспомогательного инструмента, методы их замены и др.

На основании установленных аналитических зависимостей предлагается математическая модель расчета вспомогательного времени на различные технологические операции. Реализация данной методики предполагается в виде программного комплекса, который может быть встроен в автоматизированный комплекс по оценке эффективности использования различных групп оборудования на ранних стадиях технической подготовки машиностроительного производства новых изделий.

Список литературы: 1. *Соломенцев Ю.М., Кутин А.А., Шептунов С.А*. Оценка гибкости автоматизированной станочной системы // Вестник машиностроения. – 1984. – N 1. – с. 38 – 40.

УДК 621.923

ФЕДОРЕНКО Д.О., ***ФЕДОРОВИЧ В.А.,*** докт. техн. наук

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ СТМ

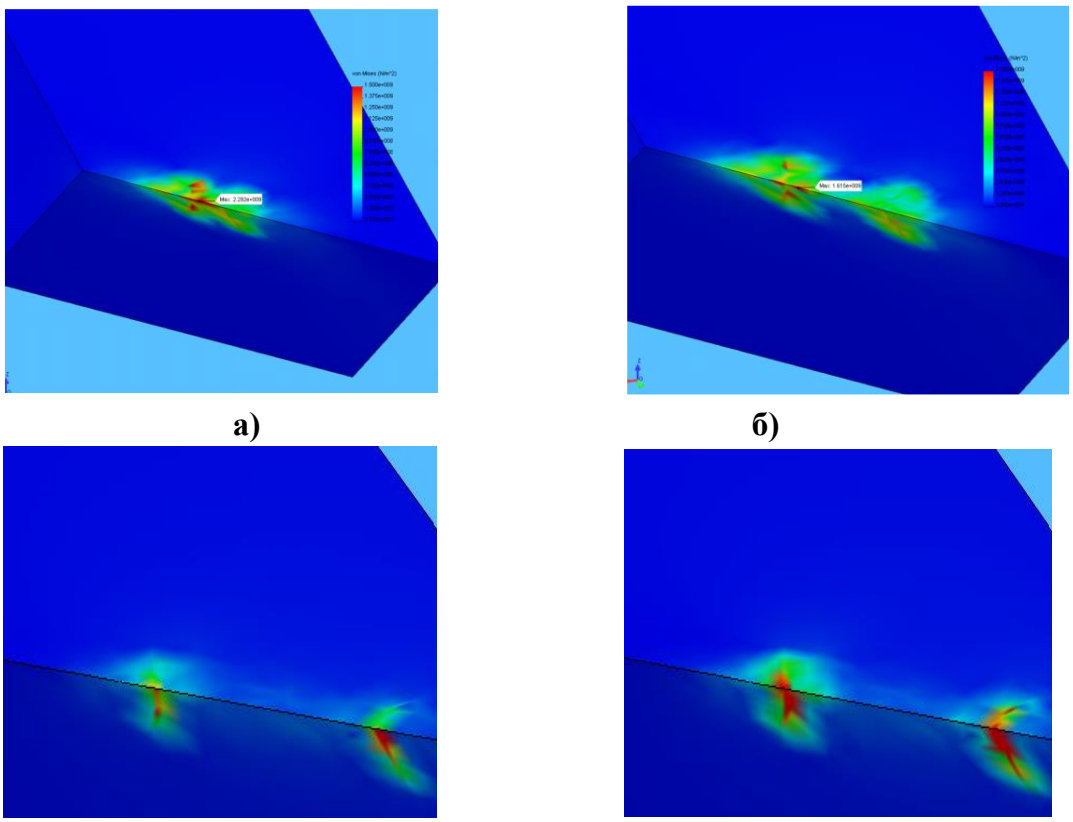
Проблема повышения долговечности и продления срока эксплуатации алмазного лезвийного инструмента остается актуальной и в настоящее время. Использование прогнозных методов исследования позволяет рассмотреть различные аспекты процесса лезвийной обработки материалов с целью совершенствования инструмента.

Реализация метода конечных элементов в пакете прикладных программ «Cosmos» позволяет в трехмерном измерении рассчитывать поля приведенных и главных напряжений, энергию и плотность энергии деформации, температурные поля, распределение термосиловых напряжений, а также частоту собственных колебаний алмазных зерен.

Главным достоинством пакета «Cosmos» является возможность пространственного моделирования объектов и изучения их напряженно-деформированного состояния в трехмерном измерении, что существенно повышает адекватность теоретических расчетов. Кроме этого пакет позволяет одновременно изучать напряженно-деформированное состояние элементов 3D системы при их взаимодействии учетом физико-механических свойств элементов системы и условий ее нагружения. Наряду с этим преимуществом данного программного пакета является возможность исследования напряженно-деформированного состояния систем «резец–деталь» в динамике, а также осуществлять автоматизированный анализ полученных значений исследуемых величин.

При моделировании алмазных инструментов все элементы модели представляют в виде упругих сплошных тел. На рис.1 представлена характеристика напряженно-деформированного состояния (НДС) системы «резец–металлофаза–деталь» в виде 3D модели, позволяющей анализировать влияние размеров включений металлофазы, а также температурного фактора на процесс лезвийной обработки.

Как показывают расчеты, состояние режущих кромок инструментов из СТМ в значительной степени будет зависеть от материала, величины, количества и характера распределения металлических включений в самом поликристалле, а также режима резания, определяющего степень нагревания режущей кромки. Таким образом, можно утверждать, что с увеличением размеров включений металлофазы НДС системы растет и при достижении предельно допустимого уровня напряжений происходит разрушение лезвийного инструмента. В то же время температурный фактор в данном случае является определяющим, что говорит о необходимости создания алмазного лезвийного инструмента с учетом используемого режима резания.



а) **б)**

в) **г)**

Рис. 1. Влияние размеров включений металлофазы и температуры в местах их наличия на напряженно-деформированное состояние режущей кромки
а – мелкое зерно (20мкм); б – крупное зерно (80мкм)
в – T = 500°С; г – T = 800°С.

В результате теоретического анализа напряженно-деформированного состояния элементов изучаемой системы получены данные, позволяющие на стадии проектирования лезвийного инструмента определить оптимальную марку алмазов.

Таким образом, использование 3D моделирования для изучения особенностей процессов лезвийной обработки с использованием инструментов из СТМ позволяет не только прогнозировать поведение соответствующих систем, но и выявлять оптимальные условия, обеспечивающие наиболее эффективное их применение.

УДК 621.874.

ХОВАЛКІНА А.О., КОВАЛЕНКО В.О., канд. техн. наук;
СИДОРЕНКО С.Ю.

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОГОННИХ БАЛОК НА РОЗПОДІЛ НАВАНТАЖЕНЬ

Існуючі прогонні балки мостових кранів за конструктивними особливостями поділяються на коробчасті та ґратчасті.

Оскільки конструктивна форма балки є основним параметром, що впливає на розподіл навантажень, то розгляд існуючих та перспективних конструкцій на предмет мінімізації навантажень, тобто підвищення ресурсу при зміні лише геометричних параметрів є актуальною задачею.

Найпоширенішим конструктивним типом прогонних балок безумовно є коробчасті, вигин яких, за відповідними умовами, характеризується нелінійним розподілом нормальних напружень по висоті стінок та ширині поясів рис.1. Багаторічні дослідження балок коробчастого типа мають певні результати, в першу чергу дослідників СРСР і Німеччини.

Найбільш привабливими, на нашу думку, є рішення, які запропоновані у патентах: RU 2278814 C1, SU 1167143 A (рис.2), SU 1216127 A (рис.3), DE 3931909 A1, DD 249463 A1, DE 3508749 A1, DE 3228314.

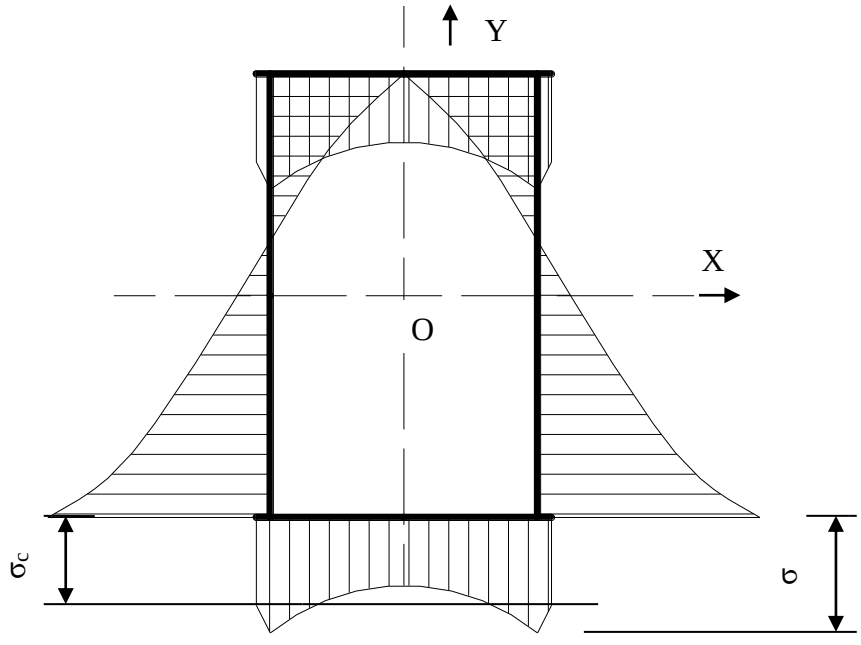


Рис. 1. Епюра нормальних напружень в перерізі балки при стисненому вигин

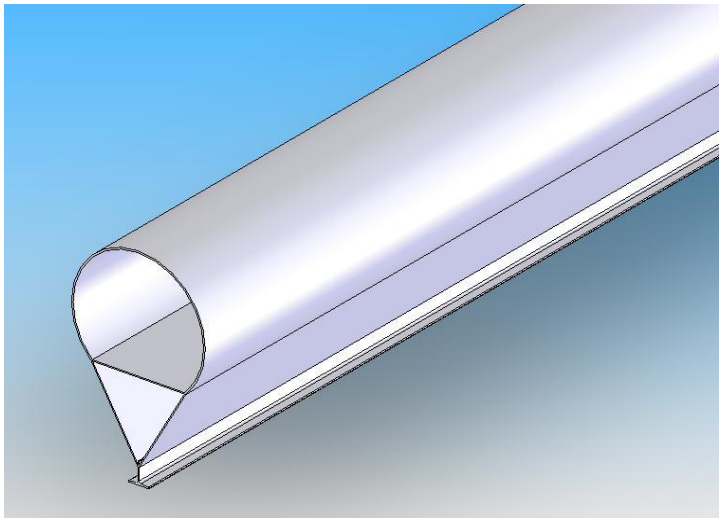


Рис. 2. Прогонна балка крана мостового типу, SU 1167143 A

Головною особливістю є те, що у нижній частині трубчатої несучої балки (може бути виготовлена із стандартної труби або зігнута із листового металу) виконаний продольний виріз, при цьому проміжний елемент виконаний у вигляді гнутого тригранного у поперечному перерізі профілю з горизонтальною гранню.

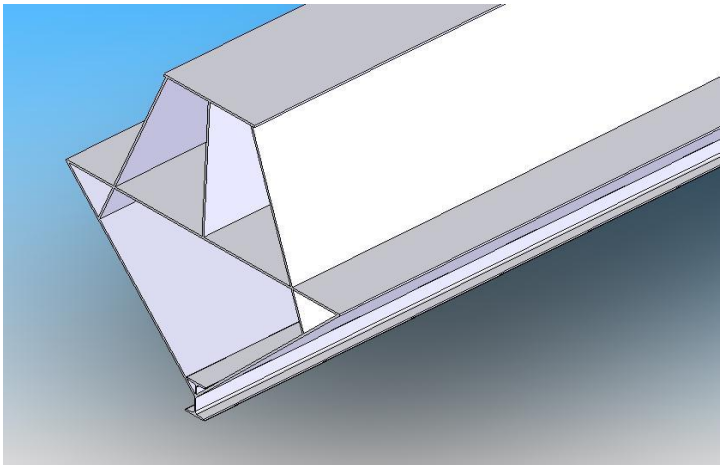


Рис. 3. Прогонна балка крана, SU 1216127 A

Характерною рисою цієї прогонної балки є те, що вона обладнана додатковими нагнутими стінами, жорстко сполученими верхніми кромками з кінцями нижнього поясу і утворюючи з ним у поперечному перерізі трикутник, і ребрами, установленими всередині останнього.

Метою нашого дослідження є визначення в вищезгаданих конструкціях параметрів для перевірки балок на міцність, статичну та динамічну жорсткість. Для визначення оптимальної конструктивної форми балки використаємо емпіричні залежності, та метод кінцевих елементів.

Отримані результати будуть використані при виборі оптимального комплексу геометричних параметрів прогонних балок.

УДК 621.9

***ЧЕГЛАКОВ Д.С.*, *ПЕРМЯКОВ А.А.*,** докт. техн. наук

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ НАЛАДОК АВТОМАТОВ ПРОДОЛЬНОГО ТОЧЕНИЯ

Автоматы продольного точения являются высокопроизводительными с прецизионными станками и традиционно используются в крупносерийном и массовом производстве. Возможность их использования в серийном производстве ограничена только трудоемкостью их переналадки при частой смене объектов производства. Современные автоматы продольного точения оснащенные системой ЧПУ обладают технологической гибкостью при меньшей трудоемкости переналадки, что для реализации принципа сберегающего производства имеют решающее значение. Таким образом, на первый план выходит научно-техническая задача проектирования инструментальной наладки автомата при смене объекта производства в минимально возможные сроки. Эффективно решение данной задачи лежит в плоскости автоматизации технологического проектирования.

Использование систем автоматизированного проектирования и расчета инструментальных наладок позволяет не только уменьшить трудоемкость и повысить качество принимаемых проектных решений, но и освободить технолога от выполнения стандартных процедур, оставив за ним только решение творческих задач, связанных с выбором альтернатив или принятием решений.

Технологическое проектирование - последовательный процесс принятия решений по отдельным определенным задачам, требующим их формализации. Причем по каждой отдельной задаче, за исключением задач расчетного характера, решения принимают в результате выбора или типовых решений, рекомендуемых на основе ранее проведенного системного анализа, или типовых решений или решений полученных при выполнении заданных условий. Для этого достаточно систематизировать проектную информацию об исходных данных , используемых расчетных моделях, описать общую последовательность проектирования с набором типовых решений, а также условий, при которых может быть принято каждое из них.

Для разработки подсистемы автоматизированного проектирования выполнена систематизация, алгоритмы проектирования фасонных резцов, алгоритм проектирования инструментальных наладок, созданы базы данных выбора режущего инструмента и разработан процесс синтеза инструментальных наладок на обработку на автоматах продольного точения.

Программная реализация разработок позволит использовать данную подсистему САПР для решения конкретных технологических задач, по рас-

чету инструментальных наладок автоматов продольного точения при смене объектов производства в минимально возможные сроки.

УДК 62-233.1

ЧЕРНЫШЕНКО П.В., ШЕЛКОВОЙ А.Н., докт. техн. наук

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ВАЛ» НА ГПМ СНО177

Моя магистерская дипломная работа будет состоять в том, чтоб построить имитационную модель обработки этой детали, чтоб она работала и показала нам возможные «+» и «–» данного способа обработки детали, и целесообразность применения данного типа оборудования.

Имитационное моделирование — это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью с достаточной точностью описывающей реальную систему и с ней проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. Экспериментирование с моделью называют имитацией (имитация — это постижение сути явления, не прибегая к экспериментам на реальном объекте).

Применение имитационного моделирования:

К имитационному моделированию прибегают, когда:

▪ дорого или невозможно экспериментировать на реальном объекте;

▪ невозможно построить аналитическую модель: в системе есть время, причинные связи, последствие, нелинейности, стохастические (случайные) переменные;

▪ необходимо сымитировать поведение системы во времени.

Многоцелевые станки обеспечивают выполнение большой номенклатуры технологических операций без перебазирования детали и с автоматической сменой инструмента. Режущий инструмент расположен в специальных инструментальных магазинах большой емкости, что дает возможность в соответствии с принятой программой автоматически устанавливать в шпинделе станка любой инструмент, требуемый для обработки соответствующей поверхности детали. На некоторых станках вместо смены инструмента в рабочем шпинделе осуществляется замена шпинделей вместе с вставленными в них инструментами.

Также для автоматизации всех процессов мы применим роботизированные комплексы. При механической обработке деталей с помощью промышленных роботов автоматизируют:

• установку заготовок в рабочую зону станка и (при необходимости) контроль правильности их базирования;

• снятие готовых деталей со станка и размещение их в таре (накопитель);

• передачу деталей от станка к станку;

• кантование деталей (заготовок) в процессе обработки;
• контроль размеров деталей;
• очистку базовых поверхностей деталей и приспособлений;
• смену инструментов.

Опыт эксплуатации промышленных роботов показывает, что наиболее целесообразной формой роботизации в условиях серийного производства является создание роботизированных технологических комплексов (РТК), на базе которых в перспективе могут быть созданы роботизированные участки, цехи и заводы.

Все это будет наглядно показано на имитационной модели (рис. 1), созданной с помощью программ Solid Works и CreateModul v.1.75.

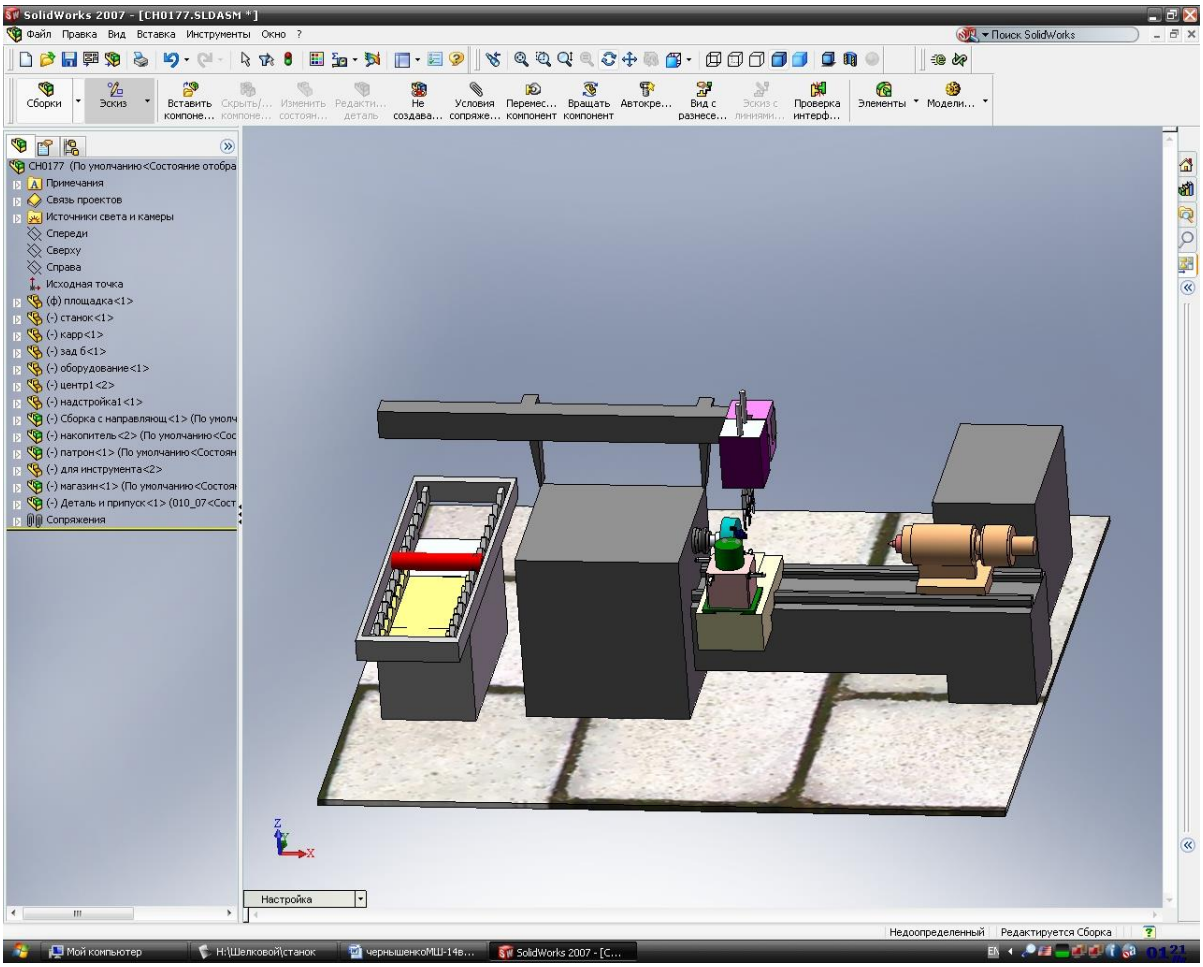


Рис.1. ГПМ СНО177

УДК 621.9

ЧУКАРІН О.В.**, *КАРПУСЬ В.Є.,*** докт. техн. наук., ***ІВАНОВА М.С.***

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ОСЬОВИХ ІНСТРУМЕНТІВ

В машинобудівному виробництві для обробки отворів використовують одноступінчасті, ступінчасті, або комбіновані осьові інструменти − свердла, зенкери, розвертки тощо. Усі осьові інструменти працюють за методом копіювання, тобто розміри та профіль інструмента переносяться на деталь. Відомо, що при обробці отворів осьовими інструментами домінуючими факторами, які впливають на виникнення похибок обробки, є точність та жорсткість самого інструмента, а не жорсткість верстата. Таким чином, точністні характеристики оброблюваного отвору залежать від конструктивно-геометричних параметрів осьового інструмента та точності його виготовлення. Незважаючи на високу точність виготовлення інструмента він спрацьовується під час роботи, що також впливає на точність обробки.

Відомо, що однією з причин виникнення переміщення осі та розбиття оброблюваного отвору є пружні переміщення внаслідок дії сил різання: осьової сили P_o; неврівноваженої радіальної сили ΔP_y та крутного моменту $M_{кр}$ від сили P_z.

Запропоновано дослідити вплив вказаних сил різання на пружні переміщення осі осьового інструмента (свердла) двома методами: аналітичним та методом скінченних елементів.

Аналітичний метод полягає у вирішенні диференційного рівняння пружної лінії, за розрахунковою схемою показаною на рис. 1.

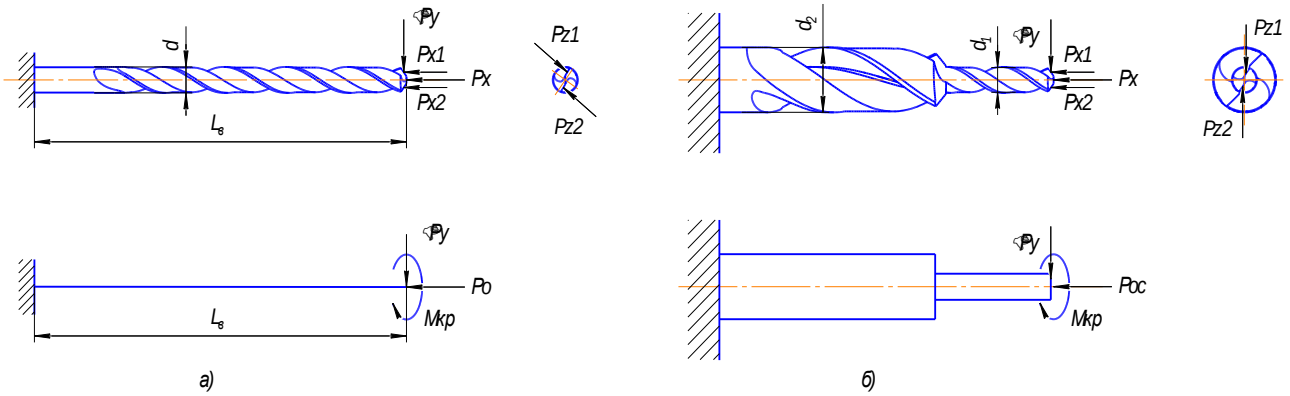


Рис. 1. Розрахункова схема визначення пружних деформацій свердла:
а – одноступінчастого; б – двоступінчастого

Слід зазначити, що наведена розрахункова схема дійсна для інструмента, який працює без додаткового спрямування за кондукторною втулкою.

Стрижень втрачає усталеність від поздовжніх навантажень за умови, що поздовжні сили більші за критичну силу $P_{кр}$. При свердлінні осьова сила P_o набагато менша за $P_{кр}$, що дозволяє не враховувати її.

Таким чином, при обробці отворів осьовими інструментами пружні деформації визначаються, як прогин балки під дією неврівноваженої радіальної сили ΔP_y, яка виникає внаслідок несиметричної заточки різальних кромок інструмента, та розраховуються за формулою Н. А. Глухова:

$$\Delta Py = \frac{0{,}5 \cdot Po}{1.03\dfrac{K\gamma 1}{K\gamma 2} + 1} \cdot (0.6249 - 0.5947\ \frac{K\gamma 1}{K\gamma 2})$$

,

де P_o – осьова сила різання, Н; $K_{\gamma 1}$, $K_{\gamma 2}$ – коефіцієнти, що враховують вплив переднього кута на осьову силу. Коефіцієнти $K_{\gamma 1}$, $K_{\gamma 2}$ визначаються з таблиць в залежності від кутів γ_1 та γ_2.

Розрахунки пружних деформацій для ступінчастого свердла відрізняються від розрахунків для одноступінчастого свердла тим, що необхідно спочатку ступінчастий стрижень замінити на еквівалентний стрижень постійної жорсткості. Вирішуючи диференційне рівняння пружної лінії, отримуємо величину пружних деформацій осьового інструмента:

$$y = \frac{\Delta P_y \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot J}$$

ΔP_y – радіальна сила, Н; L – довжина робочої частини свердла, мм; Е – модуль пружності, Па; J - момент інерції поперечного перерізу свердла в робочій частині, мм$^{4;}$

Дослідження напружено-деформованого стану методом скінченних елементів полягає у моделюванні процесу обробки отворів за допомогою програмних пакетів SolidWorks та COSMOSWorks. Результати показано на рисунку 2.

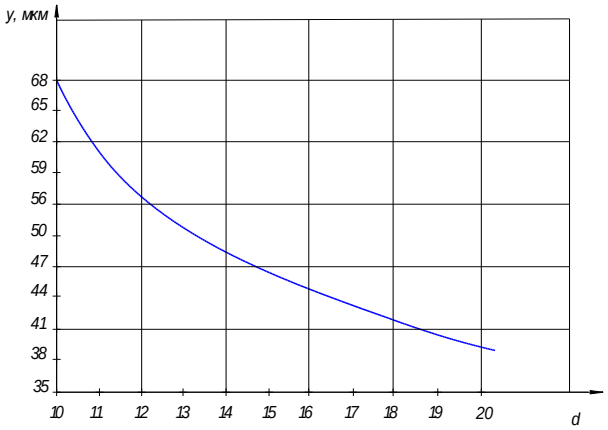


Рис. 2. Залежність пружних деформацій осьового інструмента від діаметра

Таким чином при обробці отворів осьовими інструментами без додаткового спрямування за допомогою кондукторної втулки на величину осі інструмента головним чином впливає величина неврівноваженої радіальної сили, яка виникає внаслідок асиметричного заточування різальних кромок.

УДК 621.7

ШАРГУЛЕНКО А.А., ДОБРОСКОК В.Л., докт. техн. наук

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ 3D ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЬЮТЕРНОМ ДИЗАЙНЕ ИЗДЕЛИЙ

При компьютерном дизайне изделий конструктор воспринимает информацию визуально. 2D графика дает плоское изображение, которое не воспринимается как реальный объект. Возможности 3D графики позволяют получать 3D изображения. Визуализация сложных объектов облегчает восприятие данных, обеспечивает работу с объектами на интуитивном уровне и существенно упрощает их анализ при проектировании.

В настоящее время для получения стереоскопических 3D изображений используются следующие методы: поляризационное разделение; цветное разделение (анаглиф); затворное разделение; голография и др. Каждый из них имеет свои особенности создания 3D изображения, его воспроизведения и восприятия. Анализ этих особенностей выявил, что использование методов поляризационного разделения и анаглифа наиболее рационально при промышленном компьютерном дизайне изделий. Для этих двух методов 3D изображение (стереопару) получают путем объединения двух изображений объекта, воспринимаемых раздельно каждым глазом с помощью очков с светофильтрами.

При стереоскопическом методе поляризационного разделения два изображения разделяются по принципу поляризации света. Лучи света проходят через поляризационный фильтр, направление поляризации которого делает их взаимно перпендикулярными. Затем они проецируются на специальный экран, который не меняет поляризации падающего света. Направления поляризации фильтров в очках подобраны таким образом, что бы каждый глаз видел только одно из двух изображений.

Преимущества стереоскопической технологии поляризационного разделения – отличное качество стереоизображения и возможность коллективной работы с 3D моделями. Недостатки: незначительные несовершенства при разделении изображений в связи с рассеивающими свойствами экрана; стерео оборудование поляризационного разделения дорого и требует дополнительного пространства для размещения в рабочей зоне конструктора.

В стереоскопической технологии цветного разделения изображения (анаглиф) для левого и правого глаза используют фильтры различные по цве-

ту. Как правило, для правого вида объекта используют красный светофильтр, для левого – зелено-синий, затем объединяют их в одно изображение (рис.). Два вида получают съемкой сдвоенным фотоаппаратом или одним фотоаппаратом со смещением положения относительно центральной оси объекта на определенный угол φ, величина которого зависит от расстояния между фотоаппаратом и объектом L. На качество получаемой стереопары влияют условия съемки и возможности настройки фотоаппарата.

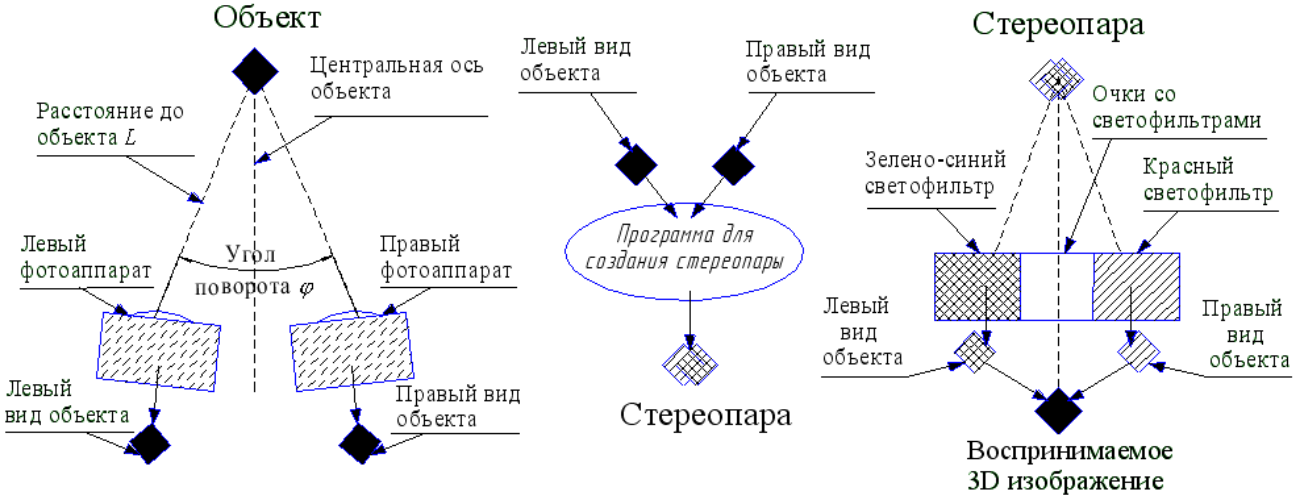


Рисунок – Создание 3D изображения

Для создания анаглифов используют следующие программы: Adobe Photoshop, Z Anaglif, Images 3D, Anaglyph Maker, StereoPhoto Maker, 3D stereo converter, Bas-relief, MAGIX Movie Edit Pro и другие. Анаглиф создается на основе двух или одного изображения (вида). Наиболее качественные анаглифы получаются в программах использующих два вида.

Программа Anaglyph Maker наиболее проста и эффективна для использования в учебном процессе на базе кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко. Она позволяет задавать вертикальное и горизонтальное взаимное смещение, яркость и контрастность анаглифов, что обеспечивает лучшее качество стереоизображения. Особенность программы – необходимо иметь два вида объекта (для левого и правого глаза).

Особенности создания 3D изображений при использовании стереоскопической технологии цветного разделения: необходимо иметь специальные программы для наложения светофильтров при создании стереопар и очки со светофильтрами для их просмотра; изображение может быть цветным или монохромным; понижение четкости одного из кадров стереопары дает эффект более качественного изображения.

Использование метода анаглифа позволяет создавать 3D изображения различных изделий, 3D видеоролики процессов конструирования и/или обработки деталей. По техническим характеристикам (цветопередача, контрастность, яркость) метод анаглифов несколько уступает другим методам создания стереоскопического изображения. Но его реализация не требует специ-

ального дорогостоящего оборудования, что особенно важно в условиях учебного процесса и индивидуального использования студентами при самостоятельной работе.

УДК 621.923.6

ШКИРКО В.Г., ***ФЕСЕНКО А.В.,*** канд. техн. наук, ***ЛЮБИМЫЙ Ю.Н.***

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ ПРАВКИ

Одним из важных условий получения заданного качества обработки поверхности заготовки при шлифовании является состояние рабочей поверхности шлифовального круга, которое, в свою очередь, определяется параметрами цикла шлифования, условиями правки и временем работы круга после его правки.

Выполнен анализ способов и устройств правки шлифовальных кругов, которые можно разделить на три основные категории: механическая, физическая и химическая правка. На сегодняшний день химические и физические способы правки шлифовальных кругов практически не применяются вследствие значительной стоимости (физические) и недостаточной точности и качества поверхности после обработки (химические). Наиболее распространенная – механическая правка, которая, в свою очередь, может быть осуществлена с помощью алмазного карандаша, ролика, резца, иглы. При выполнении правки алмазным карандашом или резцом необходимо задать скорость перемещения правящего инструмента, глубину правки и количество проходов без подачи.

На сегодняшний день существует несколько методик определения режимов правки алмазным инструментом. Каждая из них базируется на экспериментальных данных авторов и не всегда может обеспечить требуемое качество обработки и оптимальную размерную стойкость шлифовального круга. Это вызывает определенные трудности при формировании цикла шлифования и выборе параметров правки.

Нами разработана программа расчета на ЭВМ, позволяющая определить параметры правки по различным методикам и выбрать режимы правки, обеспечивающие выполнение условий обработки. При этом по мере появления новых методик, графиков или таблиц по правке они могут быть введены в данную программу расчета, алгоритм которой представлен на рис.1.

Оператор (технолог) в диалоговом режиме выбирает методику расчета, соответствующую его представлениям о правке при обработке данной детали. После определения параметров правки выполняется проверка по возможностям станка с выдачей информации на дисплей. При выходе за диапазон возможных подач принимаются предельно допустимые значения.

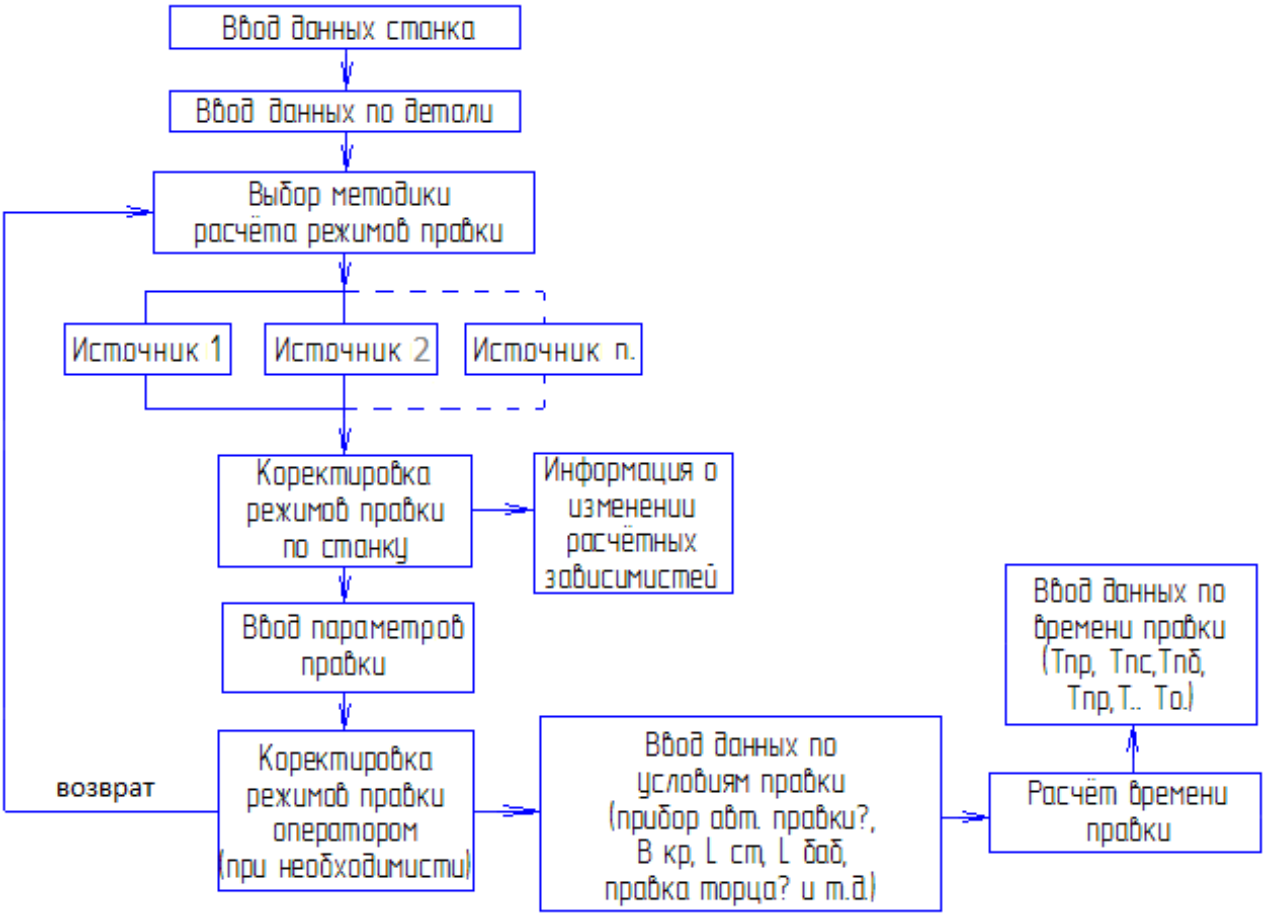


Рис.1. Алгоритм расчета режимов правки

После окончания расчетов выводятся данные, необходимые для выполнения правки (продольные подачи правильного инструмента в мм/об.шл.кр. (S_0) и в мм/мин ($S_М$), поперечная подача ($S_{ПП}$) и число зачистных проходов ($N_{ПР}$).

Алгоритм также предусматривает расчет времени, затраченного на правку шлифовального круга. При этом учитывается время перегона шлифовальной бабки в заданное положение ($L_Б$) и перемещение стола из исходного положения в точку начала правки ($L_{СТ}$), вводится также расстояние между алмазными карандашами при комбинированной правке и т.д.

После окончания расчетов выводится информация о времени правки рабочей поверхности ($T_{ПР}$) и торцов круга ($T_{ПР.Т}$), время на перегон стола ($T_{ПС}$) и шлифовальной бабки ($T_{ПБ}$), общем времени на правку (T_0).

Автоматизация расчета режимов правки шлифовальных кругов позволяет значительно сократить время на подготовку параметров операции шлифования. При этом программа предусматривает введение новых расчетных зависимостей по мере их появления в литературных источниках.

УДК 62-874, 62-237

ЯКУБОВИЧ Г.В.**, *ГРИГОРОВ О.В.,*** докт. техн. наук,
ПЕТРЕНКО Н.О., канд. техн. наук

ОБ'ЄМНИЙ ГІДРОПРИВІД КРАНОВИХ МЕХАНІЗМІВ

У об'ємних гідроприводах використовується потенційна енергія тиску робочої рідини. Широкого поширення в даний час набув об'ємний гідропривід. Під об'ємним гідроприводом розуміється сукупність об'ємних гидромашин, гідроапаратури і інших пристроїв, призначена для передачі механічної енергії і перетворення руху за допомогою робочої рідини.

Об'ємний гідропривід машин дозволяє з високою точністю підтримувати або змінювати швидкість машини при довільному вантаженні, здійснювати стеження – точно відтворювати задані режими обертального або зворотно-поступального руху, підсилюючи одночасно керувальну дію.

Регульовані об'ємні гідроприводи широко використовуються як приводи верстатів, прокатні стани, пресове і ливарне устаткування, дорожніх, будівельних, транспортних і сільськогосподарських машин.

Таке широке їх вживання пояснюється рядом переваг цього типа приводу в порівнянні з механічними і електричними приводами. Основні з цих переваг наступні.

1. Висока питома потужність гідроприводу, тобто передавана потужність, що доводиться на одиницю сумарної ваги елементів. Цей параметр в гідравлічних приводах в 3...5 разів вище, ніж в електричних, причому дана перевага зростає із зростанням передаваної потужності.

2. Відносно просто забезпечується можливість безступінчатого регулювання швидкості вихідної ланки гідроприводу в широкому діапазоні.

3. Висока швидкодія гідроприводу. Операції пуску, реверсу і останову виконуються гідроприводом значно швидше, ніж іншими приводами. Це обумовлено малим моментом інерції виконавського органу гидродвігателя (момент інерції частин гідромотора, що обертаються, в 5... 10 разів менше відповідного моменту інерції електродвигуна).

4. Високий коефіцієнт посилення гідроусилітелей по потужності, значення якого досягає =10^5.

5. Порівняльна простота здійснення технологічних операцій при заданому режимі, а також можливість простого і надійного оберігання двигуна, що приводить, і елементів гідроприводу від перевантажень.

6. Простота перетворення обертального руху в зворотно-поступальне.

7. Свобода компоновки агрегатів гідроприводу.

8. До гідравлічного приводу можна підключати будь-яке гідравлічне устаткування: відбійні молотки, дискові пили, різні ковши і захвати.

Поряд з відміченими достоїнствами гідроприводу, при його проектуванні або рішенні питання про доцільність його використання слід пам'ятати та-

кож і про недоліки, властиві цьому типові приводу. Ці недоліки обумовлені в основному властивостями робочого середовища (рідини).

1. Порівняно невисокий ККД гідроприводу і великі втрати енергії при її передачі на великі відстані.

2. Залежність характеристик гідроприводу від умов експлуатації (температура, тиск). Від температури залежить в'язкість робочої рідини, а низький тиск може стати причиною виникнення кавітації в гідросистемі або виділення з рідини розчинених газів.

3. Чутливість до забруднення робочої рідини і необхідність досить високої культури обслуговування. Забруднення робочої рідини абразивними частками приводить до швидкого зносу елементів прецизійних пар в гідравлічних агрегатах і виходу їх з буд.

4. Зниження ККД і погіршення характеристик гідроприводу у міру вироблення ним або його елементами експлуатаційного ресурсу. Перш за все відбувається знос прецизійних пар, що приводить до збільшення зазорів в них і зростання витоків рідини та зниженню об´ємного ККД.

Таким чином, гідравлічні приводи мають, з одного боку, безперечні переваги в порівнянні з іншими типами приводів, а з іншого боку — істотні недоліки. У зв'язку з цим перед фахівцями, пов'язаними з проектуванням, виготовленням і обслуговуванням гідроприводів, ставляться певні завдання.

Завданнями конструктора при проектуванні гідроприводу є оптимізація його схеми, що забезпечує виконання приводом функціональних вимог, і обґрунтований вибір елементів гідроприводу.

СЕКЦІЯ 4.
НАУКОВІ ПРОБЛЕМИ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.436

БАКЛАНОВ С.М., ПИЛЬОВ В.О., докт. техн. наук

РОЗРОБКА ЕКОНОМІЧНОЇ МОДЕЛІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ В СИСТЕМІ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСНОЇ МІЦНОСТІ ДЕТАЛЕЙ КС

Поршень є однією за найбільш термонавантажених деталей двигуна, тому безпосередньо питанню його ресурсної міцності в системі забезпечення надійності двигуна у цілому приділяється багато уваги. У роботі розглянуто комплекс задач, пов’язаних з підвищенням ефективності процедур прогнозування ресурсної міцності поршнів тракторних дизелів та забезпечення ресурсу особливо термонавантажених зон поршнів при перспективних рівнях форсування двигунів.

За проведеним аналізом методик прогнозування ресурсної міцності поршнів тракторних дизелів визначено, що найбільш ефективним шляхом її оцінки є використання методики на основі рівняння Поспішила та енергетичного критерію Сосніна. Відповідно до неї величина накопичених пошкоджень залежить від сумісної дії процесів утоми та повзучості [3]. Вказана методика була допрацьована В.Т.Турчиним, В.О.Пильовим та А.П.Кузьменко і отримане наступне рівняння, що враховує передісторію навантаження поршня в усіх ***j*** перехідних процесах експлуатації двигуна [4].

Ефективність застосування отриманої згорнутої моделі експлуатації тракторних двигунів 3ї та 4ї категорій можливо побачити, якщо зробити розрахунок накопичених ушкоджень кромки камери згоряння у поршні, що є найбільш термонавантаженою його зоною. Були проведені розрахунки для двигунів потужністю 18,5 кВт/л, 21,3 кВт/л, 25 кВт/л, 30 кВт/л за моделями ІПМаш та запропонованою для двох конструкцій поршня - з галереєю для охолодження поршня та струменним масляним охолодженням.

Актуальність роботи пов'язана з вирішенням проблеми економії ресурсів під час розробки або удосконалення двигуна, зокрема підвищенню ефективності прогнозування ресурсної міцності поршнів тракторних дизелів на стадії їх проектування.

Список літератури: 1. *Ажиппо Н.А.* Прогнозирование долговечности подшипников скольжения тракторных двигателей на стадии их проектирования / *Ажиппо Н.А., Балюк Б.К.* // Двигателестроение. – 1985. – №8. – С. 17-20. **2.** *Коваль И.А.* Ускоренные испытания двигателей / *И.А. Коваль, И.Ю. Вахтель, А.М. Диденко* // Тракторы и сельхозмашины. – 1974. – №12. – С. 3-5. **3.** *Пильов В.О.* Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності: Монографія. – Харків: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2001. – 332с. **4.** *Турчин В. Т.* Удосконалення методики визначення ресурсної міцності поршнів тракторних дизелів / *В.Т. Турчин, В.О. Пильов, А. П. Кузьменко* // Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. – №2. – С. 30–35.

УДК 629.114.026

БУЛВА А.А.*, *САМОРОДОВ В. Б., докт. техн. наук

ПРОСТРАНСТВЕННО-ТОПОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ ОЦЕНКЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ

Пространственно-топологический подход при определении основных технико-экономических показателей дает возможность получения поверхностей, топологических суперпозиций и траектории рабочих точек трактора, которые связывают основные технико-экономические показатели. Это позволяет выбрать наиболее рациональный режим работы трактора, определить наиболее подходящую для выбранного режима работы ширину захвата плуга

при этом проследить за такими немаловажными показателями как расход топлива и производительность при определенной мощности двигателя, коэффициенте буксования и коэффициенте полезного действия трактора.

Многие производители тракторов во всем мире решают проблему увеличения производительности, но при этом лишь увеличивают мощность двигателя, а вес остается неизменным. Они добиваются увеличения рабочей скорости трактора и соответственно производительности, несмотря на это тягово-сцепные свойства трактора меняются – растет буксование и связанные с ним потери, увеличиваются так же скоростные потери при обработке почвы. С помощью пространственно-топологического подхода можно для любого трактора с учетом его веса, мощности двигателя и ширины захвата плуга проследить по графику за взаимосвязью производительности и погектарного расхода топлива, что позволяет наглядно оценить эффективность интересующего нас трактора. Пространственно-топологический подход на данный момент является лучшим при определении основных технико-экономических показателей [1-3].

Список литературы: **1.** *Коваль А.А., Самородов В.Б./* Влияние составляющих крюковой нагрузки на основные технико-экономические показатели колесного трактора на пахоте. Тракторы и сельскохозяйственные машины. №3 М.:2007.–С.15-17. **2.** *Коваль А.А., Самородов В.Б.* / Крюковая нагрузка и основные технико-экономические показатели колесного трактора на вспашке. Тракторы и сельскохозяйственные машины. №6 М.:2007.–С.15-17. **3**. *Коваль А.А., Самородов В.Б.*/ Пространственно-топологический подход при определении основных технико - экономических показателей сельскохозяйственных колесных тракторов. Тракторы и сельско-хозяйственные машины. №2 М.:2008.

УДК 629.114.026

БУЧКО И.Г.*, *РЕБРОВ А.Ю., канд. техн. наук

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ НА ИХ ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Ухудшение конкурентоспособности тракторов отечественного производства на рынке, обусловленное низкими технико-экономическими показателями, наносит значительный ущерб украинскому тракторостроению, поэтому приоритетной задачей при проектировании трактора является снижение себестоимости сельхозработ за счет повышения его тягово-энергетических и технико-экономических показателей, что в свою очередь влечет за собой поиск способов решения данной проблемы.

Рациональный выход из сложившейся ситуации - создание критериев оценки вышеперечисленных показателей начиная с этапа проектирования и поиск путей их повышения.

Целью исследовательской работы является изучение влияния конструктивных параметров колесных тракторов на их тягово-энергетические и технико-экономические показатели.

В соответствии с поставленной целью в работе решаются следующие основные задачи: проведение анализа существующих технических решений в трансмиссиях колесных тракторов; построение математической модели трактора-прототипа ХТЗ - 150К; исследование взаимосвязи изменения силы тяги на крюке в зависимости от моментной характеристики двигателя; исследование зависимости касательной силы тяги от моментной характеристики двигателя; разработка критериев оценки производительности колесного трактора с использованием вышеперечисленных показателей [1-4].

Список литературы: 1. *Кутьков Г.М.* Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. – М.: КолосС, 2004. – 504 с.: ил. (Учебники и учеб пособия для студентов высших учебных заведений). **2.** *Трепененков И. И.* Эксплуатационные показатели сельскохо-зяйственных тракторов. - М.: Машгиз, 1963. - 271 с. **3.** *Панський И. Б., Анилович В. Я., Кутьков Г. М.* Динамика трактора. - М.: «Машиностроение», 1973. - 280 с. **4.** Панский И. Б. Конструирование и расчет тракторов. - М.: «Машиностроение», 1968. - 376 с.

УДК 621.333

***ДУДОЛАД Ю.Е.*, *КОРНІЄНКО В.В.*,** канд. техн. наук

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРИВОДА НАКЛОНА КУЗОВА ПЕРСПЕКТИВНОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

Основное предназначение поездов из вагонов с наклоняемыми кузовами заключается в том, чтобы с их помощью повысить скорость движения и сократить время хода на обычных линиях.

Фактически существуют следующие основные системы наклона кузова: пассивная, активно-пассивная и активная. Наиболее распространенной является активная система наклона кузовов, которая принята для дальнейшего исследования. В качестве силового привода в настоящее время применяются системы гидравлические, пневматические, электромеханические и электрогидравлические. Электромеханический привод представляется наиболее привлекательным, сочетая в себе высокое быстродействие, достаточную надежность и простоту монтажа. Его недостатком является отсутствие достаточного демпфирования колебаний и самовозврата в исходное положение в ситуациях отказа привода. Ликвидировать эти недостатки возможно путем применения линейного электродвигателя в качестве силового привода.

Предложен концептуальный проект системы наклона кузова с линейным электромеханическим преобразователем энергии, для которого разработана математическая модель и создана имитационная модель в среде

Matlab/Simulink. Созданный програмно-алгоритмический комплекс позволяет моделировать поведение динамической системы в целью установить влияние конструктивных параметров привода на его характеристики и свойства.

Список литературы: **1**. *Корниенко В.В., Омельяненко В.И.* Высокоскоростной электрический транспорт. Мировой опыт / Харьков: НТУ «ХПИ», 2007.–159С. **2**. Развитие технологии наклона кузовов вагонов. // Железные дороги мира.– 2001.– № 11. С.10 - 14.

УДК 621.333

***КАРАМАН А.Г.*, *ЛЮБАРСКИЙ Б.Г.*,** канд. техн. наук

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЯГОВОГО СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

При разработке новых электровозов с целью повышения их энергетических показателей большое внимание должно уделяться выбору схемотехнической реализации полупроводниковых преобразователей тягового привода электровоза и типу тягового электродвигателя. Современные электровозы проектируются асинхронным тяговым приводом (АТП), который полностью вытеснил двигатели постоянного тока по причине существенного повышения надёжности двигателя.

Альтернативой АТП может стать тяговый привод на основе синхронных двигателей с возбуждением от постоянных магнитов (СДПМ). Привлекательность этого типа двигателей обусловлена следующим: обеспечивается высокие энергетические показатели тягового привода, в основном, за счет высокого КПД двигателя; возможностью регулирования мощности и вращающего момента в широком диапазоне частот вращения без значительного снижения коэффициента мощности; низкие эксплуатационные затраты.

Для исследования свойств СДПМ в тяговом приводе электровоза целесообразно использовать методы математического моделирования. Для наиболее полного и точного описания СДПМ предлагается использовать полевой подход при определении электромагнитных связей двигателя (зависимость потокосцепления от токов фаз). Собственно, математическая модель содержит m уравнений по второму закону Кирхгофа (m – число фаз), оператор электромагнитных связей и два уравнения механического движения ротора. Данная математическая модель положена в основу имитационной модели, которая реализована в среде Simulink.

Список литературы: 1. Концепция перспективного тягового привода // Железные дороги мира.– 1996.– № 6. С.10 - 14.

УДК 621.331

КАРТАВЦЕВ Р.В., КОРНИЕНКО В.В., канд. техн. наук

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИ СОСТОЯНИЯ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Контроль контактной сети необходим для обнаружения на ранней стадии изменений ее состояния, обеспечения бесперебойного движения поездов и исключения возможности травмирования людей. При этом необходимо учитывать эксплуатационно-экономический аспект, связанный с оптимизацией срока службы устройств контактной сети. В общем случае компоненты, обеспечивающие совместимость, должны быть сертифицированы перед установкой или внедрением. В подсистеме электроснабжения такими компонентами являются: контактная сеть; токоприемники; контактные вставки токоприемников. Анализируя выходные данные многочисленных объездов по участкам, можно определить условия возможного ухудшения качества токосъема и показать рациональные пути предотвращения этого.

Для контроля контактной сети в ООО “ДАК-ЭНЕРГЕТИКА”, ГП “ДОРТРАНСЭНС”, НТУ “ХПИ” разработана концепция системы диагностики, включающая конкретный перечень диагностических параметров. Критерием качества токосъема является сумма приведенных затрат на содержание токоприемников и контактной сети, которые должны быть минимальными. Выделены наиболее информативные параметры, оцененные по принципу “затраты–эффект”. Показано, что эффективность стабилизации нажатия около уровня, обеспечивающего минимальный износ контактных элементов токоприемников и контактной сети, можно оценить по результатам продолжительной эксплуатации вагона ВИКС.

Список литературы: 1. Измерительная система для определения положения и износа контактного провода // Железные дороги мира. – 2003. – №4. – С. 14–17. **2.** *Корниенко В.В*. Электрификация железных дорог. Мировые тенденции и перспективы (Аналитический обзор): [Монография] / *Корниенко В.В., Котельников А.В., Доманский В.Т.* – К.: Транспорт Украины, 2004. – 196 с.

УДК 629.113

КИШКАР Н.А., СЕРГИЕНКО Н.Е., канд. техн. наук

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ПРИВОДОМ КОЛЕС

Ограниченные запасы энергоресурсов, ухудшение экологической обстановки, обусловленное количеством потребляемых ресурсов и вредным воз-

действием автотранспорта на окружающую среду и человека, приняло катастрофический характер, поэтому приоритетной задачей ученых, конструкторов и инженеров при проектировании автомобилей является улучшение их топливно-экономических показателей, снижение количества выбросов вредных веществ.

На сегодняшний день наиболее рациональным выходом является создание автомобиля с гибридной силовой установкой (ГСУ), которая позволит приступить к решению указанной проблемы.

Целью исследовательской работы является исследование динамики и тягово-экономических показателей гибридного автомобиля с параллельным – электрическим и механическим от ДВС приводом ведущих колес.

В соответствии с поставленной целью в работе решаются следующие основные задачи:

– критический анализ технических решений известных гибридных автомобилей;

– анализ конструктивных решений и обоснование выбора оптимальной схемы и составляющих элементов ГСУ;

– разработка функциональной схемы электрической части привода;

– построение математической модели ГСУ и автомобиля;

– исследование режимов движения автомобиля;

– сопоставление результатов расчета с данными экспериментов.

Критический обзор зарубежных и отечественных разработок в области создания гибридных автомобилей показал, что основным направлением в создании гибридных автомобилей является применение ГСУ, включающей ДВС, электрическую машину и накопитель энергии. Проанализировав различные варианты конструкций силовой установки, была выбрана смешанная схема гибрида, позволяющая эффективно использовать ДВС.

На основании выбранной схемы разработана в пакете Matlab модель гибридного автомобиля с использованием библиотек SimPowerSystems и SimDriveline. Модель позволяет задавать различные режимы движения автомобиля в течение одного полного цикла: ускорение, установившееся движение, рекуперативное торможение с подзарядкой аккумуляторной батареи. Также можно задавать закон управления подачей топлива и контролировать скорость, развиваемую автомобилем, изменение крутящих моментов на составляющих привода и распределение потоков мощности.

В электрической подсистеме для синхронного двигателя с постоянными магнитами получены диаграмма токов обмотки статора, диаграмма угловой частоты вращения и электромагнитного момента при пуске и последующем наборе нагрузки в двигательном режиме. Аналогичные параметры получены и для генератора. Кроме того, модель позволяет контролировать такие показатели как напряжение преобразователя постоянного тока и аккумуляторной батареи, токи генератора, электродвигателя и АКБ и состояние заряда батареи.

Список литературы: 1. *Грачев П.Ю., Ежова Е.В.* Комбинированная силовая установка как один из способов повышения надежности работы автотранспортных средств // Сборник трудов МНТК «Актуальные проблемы надежности технологических, энергетических и транспортных машин» – М.: Машиностроение, 2003. – Т.2. – Ч. 2.– С. 402-405. **2.** *Смирнов О.П.* Аналіз схемних рішень побудови автомобіля з гібридною енергетичною установкою та їх технічних характеристик // Вісник ХНАДУ. Зб. наук. пр. Тем. випуск: Машинобудування. – 2006. – №32. – С. 41 - 43. **3.** *Черных И.В.* Моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 288 с. **4.** *Карунин А.Л., Бахмутов С.В., Селифонов В.В., Круташов А.В., Баулина Е.Е., Карпухин К.Е., Авруцкий Е.В.* Экспериментальный многоцелевой гибридный автомобиль // Автомобильная промышленность. – 2006. – № 7. **5.** *Chan-Chiao Lin, Zoran Filipi, Yongsheng Wang, Loucas Louca, Huei Peng, Dennis Assanis, Jeffrey Stein*. Integrated, Feed-Forward Hybrid Electric Vehicle Simulation in SIMULINK and its Use for Power Management Studies. Automotive Research Center. The University of Michigan, 2001.

УДК621.43.016

КЛИМЕНКО О.М., ТРИНЬОВ О.В., канд. техн. наук

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОЗМІННИХ ПРОЦЕСІВ В ЗОНІ МІЖКЛАПАННОЇ ПЕРЕТИНКИ ГОЛОВКИ ЦИЛІНДРІВ ДИЗЕЛЯ В БЕЗМОТОРНОМУ ЕКСПЕРИМЕНТІ

Зростання рівня форсування сучасних автотракторних дизелів супроводжується значним збільшенням складових теплонапруженого стану (ТНС) деталей камери згоряння, зокрема головки циліндрів (ГЦ). При цьому обов'язковою умовою подальшого удосконалення конструкції ГЦ є детальний аналіз ТНС з використанням розрахункових і експериментальних методів дослідження.

Широке коло завдань при дослідженні ТНС можна вирішувати в експерименті на безмоторному стенді [1,2]. В певних випадках лише такий експеримент надає необхідну інформацію щодо теплового і напружено-деформованого стану деталі.

Метою дослідження є уточнення математичної моделі ТНС днища індивідуальної ГЦ швидкохідного автомобільного дизеля КамАЗ з системою локального повітряного охолодження (ЛПО), визначення впливу локального охолодження на термічну напруженість, зокрема в зоні міжклапанної перетинки. Як свідчить досвід експлуатації двигунів КамАЗ, ця зона є найбільш проблемною, тріщини в зоні міжклапанної перетинки – найбільш розповсюджений дефект ГЦ двигунів як вітчизняного так і зарубіжного виробництва.

Уточнення математичної моделі полягає у визначенні граничних умов (ГУ) задачі теплопровідності для варіанту ЛПО зони міжклапанної перетинки, що вимагає в свою чергу проведення експерименту. Достатня інформація для моделювання ТНС ГЦ з алюмінієвого сплаву з системою ЛПО відсутня.

Основною перевагою локального охолодження є можливість дискретно знижувати температуру найбільш термічно навантажених ділянок днища ГЦ,

зменшуючи таким чином температурні градієнти, термічні напруження і деформації. Проведення експерименту також сприяє вибору раціональної схеми розміщення каналів системи ЛПО, геометричних розмірів каналів для конкретної конструкції ГЦ.

На даному етапі дослідження ставилися наступні задачі:

- розробка конструкції безмоторного стенду для дослідження умов ЛПО ГЦ автомобільного дизеля КамАЗ;
- отримання експериментальної залежності впливу ЛПО на температурне поле індивідуальної ГЦ;
- визначення енергетичних втрат на функціонування системи ЛПО на дизелі;
- визначення раціональних конструктивних і режимних параметрів системи ЛПО для забезпечення ефективного охолодження днища ГЦ при збереженні високої економічності двигуна.

Основною складовою безмоторного стенду є серійна ГЦ дизеля КамАЗ-740. Головка після дообробки містить систему каналів і порожнин для циркуляції охолоджуючого повітря, днище ГЦ препароване термопарами. Стенд також включає плавильну електропіч відкритого типу, трансформатор з регульованою на виході напругою в межах від 0 до 250 В, перемикач, прилади для реєстрації сигналів від термопар, витратомір охолоджуючого повітря, ресивер охолоджуючого повітря з термометром і манометром, поршневий компресор з ресивером.

Головка нагрівається до певного теплового стану за допомогою плавильної електропечі шляхом конвективного теплообміну і теплообміну випромінюванням. Температурний режим ГЦ підтримується зміною вихідного напруження таким чином, щоб він був близьким до експлуатаційного. Охолодження днища здійснюється стисненим повітрям під надлишковим тиском 0,1…0,3 МПа, витратомір фіксує витрати охолоджуючого повітря, що дає можливість оцінити необхідні енергетичні витрати на функціонування системи ЛПО

Список літератури: 1. *Абрамчук Ф.И., Марченко А.П., Разлейцев Н.Ф., Третяк Б.И., Шокотов Н.К.;* Под общ. ред. *Шеховцова А.Ф.* Современные дизели: повышение топливной экономичности и длительной прочности. – К.: Техника,1992. – 272 с. **2.** *Розенблит Г.Б.* Теплопередача в дизелях. – М.: Машиностроение, 1977 – 216 с.

УДК 621.331:621.38

КРАВЦОВ А.А., РЯБОВ Е.С.

ТЯГОВЫЕ СТАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

В настоящее время создание электроподвижного состава (ЭПС) нового поколения, а также модернизация эксплуатируемых сегодня электровозов и тепловозов тесно связаны с развитием преобразовательной техники, в первую очередь, с разработками и внедрением автономных инверторов напряжения (АИН) с широтно-импульсным регулированием для асинхронных или синхронных двигателей вспомогательных и тяговых приводов ЭПС.

В настоящее время из всего многообразия схем и вариантов построения АИН можно выделить два основных вида, перспективных для применения на ЭПС:

– «классический» двухуровневый АИН;

– трёхуровневый АИН с фиксирующими диодами.

Анализ вопроса позволил выделить следующие преимущества и недостатки каждого из видов АИН.

Основными преимуществами трехуровневых инверторов по сравнению с двухуровневыми являются:

– повышенное напряжение преобразователя на входе и выходе при использовании одинаковых элементов (транзисторных модулей, конденсаторов);

– повышенная единичная мощность преобразователя;

– меньшие искажения напряжения и тока нагрузки;

– меньшие динамические потери.

К недостаткам при переходе к многоуровневым схемам следует отнести увеличенное количество транзисторных модулей и конденсаторов, наличие неотъемлемого требования по выравниванию напряжений на входном конденсатором делителе, сложные алгоритмы управления.

Список литературы: 1. *Колпахчьян П.Г., Кожемяка Н.П., Поздняков В.И., Суслова К.Н., Хоменко Б.И.* Сравнение двух- и трехуровневых инверторов напряжения электровозов постоянного тока // Известия вузов. Электромеханика, №5 – 2008. – С.3-7.

УДК621.43.016

КРИВКО М.В., ПАРСАДАНОВ И.В., докт. техн. наук

ЕНЕРГЕТИЧНІ ВТРАТИ НА ПРИВОД ПАЛИВНОГО НАСОСА ВИСОКОГО ТИСКУ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Актуальність роботи пов'язана з необхідністю визначення енергетичних витрат паливного насосу високого тиску при форсуванні паливної апаратури за тиском вприскування палива.

Сучасні тенденції форсування дизелів висувають проблему вивчення складових механічних втрат, серед яких певний інтерес представляють дослідження по вивченню енергетичних витрат на привод паливних насосів високого тиску [1].

Визначення потужності, необхідної для приведення в дію насоса при подачі палива і без неї, дозволить скоротити період доводки знову створюваного насоса до працездатного стану, вірно розрахувати деталі, що зв'язують паливний насос з колінчатим валом дизеля, так як жодних інших засобів для контролю якості зборки і роботи насоса, впливаючіх на надійність роботи цього вузла, не існує. Також, дані про витрати потужності на привід паливного насоса в багатьох випадках потрібні проектувальникам паливної апаратури і двигунів, наприклад, при оцінці механічного к.к.д. двигуна, при проектуванні механізмів автоматичної зміни кута випередження упорскування і т.д.

Опубліковані дані по енергетичним витратам, необхідних для привода паливного насоса, досить недостатні й неповні. Тому, доводиться прибігати або до розрахунку, або до експериментів стосовно до кожного окремого випадку [2].

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувались наступні задачі:

- дано аналіз схем паливоподачі сучасних дизелів;
- проведений аналіз існуючих експериментальних та теоретичних методів по визначенню енергетичних витрат на забезпечення подачі палива в дизелях для різноманітних схем паливної апаратури;
- проведено розрахунок енергетичних витрат паливного насосу високого тиску і виконане порівняння отриманого результату з експериментальним методом визначення потужності на привод паливного насоса.

Список літератури: 1. *Парсаданов И.В., Строков А.П., Федорец В.А.* Анализ затрат мощности дизеля на привод топливного насоса // Двигателестроение. - Л.: «Машиностроение», 1987. - №2. **2.***Валеева Р.Ш.., Кладьков Ю.Г., Эйдельман Я.Л.* Исследование затрат мощности на привод рядных топливных насосов. Труды ЦНИТА, 1969, вып. 41.

УДК 629.113

КУЗЬМЕНКО С.І., ***ВЕЛИКОДНИЙ В.М.,*** канд. техн. наук

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ НА КЕРОВАНІСТЬ І СТІЙКІСТЬ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

В умовах наростання інтенсивності транспортних потоків і різноманітності динамічних характеристик і конструкцій автомобілів підвищується значимість проблеми забезпечення надійної керованості і стійкості руху. Забезпечення таких експлуатаційних властивостей автомобіля, багато в чому визначає ефективність використання автомобілів в народному господарстві і його безпеку руху.

Аналіз джерел показує, що одним з основних параметрів рульового керування є його передавальне число. Вибір його значення здійснюється без урахування швидкості руху автомобіля і кута повороту його керованих коліс, [1]. Найбільш перспективними напрямками поліпшення керованості автомобіля та підвищення безпеки його руху є активна корекція керуючих дій водія. Закон зміни передавального числа рульового керування повинен встановлюватися в залежності від умови руху автомобіля в повороті, яке характеризується поперечними прискореннями осей, швидкістю руху та ін., [2].

Тому забезпечення стабільного руху машини в повороті є актуальним завданням, яке виконується за рахунок раціонального вибору передавального числа рульового управління.

Реалізація поставленої мети визначила наступні завдання:

- розробка методики розрахунку критичної швидкості автомобіля за умовами зчеплення з опорною поверхнею при круговому русі;
- дослідження залежності передавального числа рульового керування від параметрів криволінійного руху.

Прийнята методика розрахунку і використання експериментальних значень коефіцієнтів опору відведенню дозволяють з необхідною точністю визначити всі потрібні параметри руху автомобіля, у тому числі критичну швидкість кругового руху, оцінити статичну траєкторну керованість, а так само вплив на керованість і стійкість конструктивних і експлуатаційних параметрів.

Регулювання передавального числа дозволило забезпечити керованість і стійкість руху автомобіля в залежності від умови зчеплення з дорогою. Під час руху машини в повороті з високою швидкістю інерційна сила в бічному напрямку може бути порівнянна з силою зчеплення в цьому випадку зміною передавального числа зменшується кут відхилення керуючих коліс, що приводить до зниження інерційної сили і машина залишається в зоні стійкого руху [1-2].

Список літератури: 1. *Раймпель И.* Шасси автомобиля: рулевое управление /Пер. с нем. В.Н.Пальянова/ Под ред. А.А.Гальбрейха. – М.: Машиностроение, 1987. – 232с. **2.** *Лысов М.И.* Рулевые управления автомобилей, - М.: Машиностроение, 1972. – 344с.

УДК 621.331

***ЛУЦКО А.В.*, *ДОМАНСКИЙ В.Т.*,** докт. техн. наук

ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ТЯГОВЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Внедрение цифровых систем защиты тяговых сетей переменного тока позволяет существенно повысить степень надёжности электроснабжения как за счёт своевременного выявления аварийных режимов работы или отказа оборудования, так и за счёт снижения числа ложных срабатывай защит. Надежность цифровых релейных защит в значительной степени зависит от правильности выбора уставок и выдержек времени при вводе их в эксплуатацию.

В связи с этим возникает необходимость разработки методики и автоматизации расчета уставок. Основой методики является информационная база для расчета, которая содержит информацию о защищаемом объекте и об устройстве защиты. Информация об объекте защиты включает в себя: номинальные параметры защищаемого объекта, схему и параметры прилегающей сети и возможные режимы работы объекта. Информация об устройстве защиты включает: техническое описание (руководство по эксплуатации), методику расчета уставок и принятое проектное решение применения защиты. На основе этих данных производиться расчёт уставок и выдержек времени, который включает три этапа:

– расчет электрических параметров (токов, напряжений) режимов работы объекта;

– непосредственный расчет и проверка чувствительности уставок, выбор выдержек времени;

– формирование отчета о выполненном расчете и принятых решениях, а также подготовка задания на установку параметров в защите, соответствующую результатам расчета и выбора уставок.

Список литературы: 1. *Корниенко В.В.* Электрификация железных дорог. Мировые тенденции и перспективы (Аналитический обзор): [Монография] / *Корниенко В.В., Котельников А.В., Доманский В.Т.* – К.: Транспорт Украины, 2004. – 196 с.

УДК 621.333

МЕДВЕДЬ К.А., ***ЗЮЗИН Д.Ю.,*** канд. техн. наук

РАЗРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКИПАЖНОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОВОЗА ДВОЙНОГО ПИТАНИЯ

При создании новых магистральных электровозов особое внимание следует уделить их экипажной части, которая должна обеспечивать высокие тяговые и динамические свойства локомотива (минимальное воздействие на путь, низкий уровень динамических сил в конструкции, виброзащиту узлов экипажной части).

Наиболее рациональный способ получения хороших и стабильных динамических характеристик – выбор оптимальных силовых характеристик связей в конструкции экипажной части. Поскольку натурные испытания требуют больших финансовых и временных затрат, целесообразно создать математическую модель динамики системы «локомотив-путь», на которой и будет исследоваться влияние характеристик связей на динамические свойства локомотива.

При исследовании динамических процессов взаимодействия пути и локомотива их представляют как систему твёрдых тел (обрессоренных и необрессоренных) и связей между ними. Связи могут быть жёсткими (шкворни тележек), упругими, упруго-диссипативными и диссипативными. Для каждого твёрдого тела задаются масса и моменты инерции, а также положение локальной системы координат, связанной с телом, относительно глобальной системы координат. Свойства связи задаются силовой характеристикой «сила-перемещение».

В качестве объекта исследования выбран тяговый привод третьего класса (опорно-рамное подвешивание двигателя и редуктора). Разработанная математическая модель в этом случае используется как инструмент в процессе установления влияния конструктивных показателей на динамические свойства экипажной части. На основании расчётов производиться выбор оптимальных показателей.

Список литературы: 1. Концепция перспективного тягового привода // Железные дороги мира.– 1996.– № 6. С.10 - 14.

УДК 621.436

<u>ПОЖИДАЄВ І.Г.</u>, ПРОКОПЕНКО М.В., канд. техн. наук, доц.

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ГРАНИЧНИХ УМОВ III РОДУ В ДІАПАЗОНІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ДВИГУНІВ ТРАНСПОРТНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Поршень – одна з найбільш теплонапружених деталей двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ). Він сприймає тиск газів в циліндрі, бічні сили, дію теплового навантаження і піддається підвищеному зносу тертям. Дослідження напружено-деформованого стану поршня, обумовленого дією теплового і механічного навантажень, проводилися багатьма вітчизняними і зарубіжними авторами [2, 4, 5]. При цьому розрахункові дослідження виконувалися в основному на вісесиметричних моделях, що було пов'язане з обмеженими можливостями обчислювальної техніки.

На основі даних розрахунку температурного стану гільзи циліндрів встановлено, що відмінність значень температури в окружному напрямку гільзи може складати 36 К. Це свідчить про необхідність завдання несиметричних ГУ як для гільзи, так і в зоні верхнього кільця для поршня двигуна.

Запропонована методика завдання несиметричних ГУ в зоні верхнього поршневого кільця, яка основана на корегуванні умовної температури середовища, як складової ГУ 3-го роду. Показана необхідність врахування несиметричних ГУ 3-го роду в зоні верхнього кільця поршня двигуна.

Список літератури: 1. *Пильов В.О.* Автоматизоване проектування поршнів швидкохідних дизелів із заданим рівнем тривалої міцності [монографія] / *Пильов В.О.* – Харків: Видавничий центр НТУ «ХПІ», 2001. – 332с. **2.** *Левтеров А.М*. Исследования теплового и напряженно-деформированного состояния деталей цилиндро-поршневой группы быстроходного дизеля при нестационарных нагружениях: дисс. кандидата техн. наук: 05.05.03 / *Левтеров Антон Михайлович*. – Харьков, 1991.–213с. **3.** Процессы в перспективных дизелях / [*А.Ф. Шеховцов, Ф.И. Абрамчук, В.И. Крутов* и др.]; под. ред. *А.Ф. Шеховцова*. – Харьков: Основа, 1992. – 352с. **4.** *Косырев С.П.* Исследование остаточных напряжений в высоконагруженных деталях форсированных дизелей / *С.П. Косырев* // Двигателестроение. – 2003. – № 2. – С. 21 – 23. **5.** *Пильов В.О.* Прогнозування камер згоряння поршнів швидкохідних дизелів в експлуатації / *Пильов В.О*., *Шеховцов А.Ф., Прокопенко М.В*. // Вісник НТУ “ХПІ”. Тематичний збірник наукових праць “Двигуни внутрішнього згоряння”. - Харків: НТУ “ХПІ”, 2001. – № 2. - С. 101–119. **6.** Двигатели внутреннего сгорания: [сб. науч. трудов / науч. ред. *Шеховцов А.Ф.*] – Х.: Основа, 1993. – 137с. **7.** *Марченко А.П*. Дослідження впливу матеріалу гільзи швидкохідного дизеля на її температурний стан / *А.П. Марченко, М.В. Прокопенко, В.О. Пильов, В.В. Шпаковський, І.Г. Пожидаєв* // Двигатели внутреннего сгорания. – 2009. - № 2. – С.51-53.

УДК 629.113

СМОРОДИНОВ С.М., ***РЕБРОВ А.Ю.,*** канд. техн. наук

ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОЛЁСНЫХ ТРАКТОРОВ С УПРАВЛЕНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЦЕПНОГО ВЕСА

Развитие методов теории трактора неразрывно связано с совершенствованием технологий сельскохозяйственного производства, повышением технического уровня тракторов, пересмотром концепции развития трактора как машины данного функционального назначения. Методы определения свойств и показателей трактора постоянно совершенствуются и уточняются, получают развитие новые подходы в реализации задач теории трактора. В настоящее время на мой взгляд получили широкое распространение два направления развития в теории трактора. К первому следует отнести совершенствование методов определения основных технико-экономических показателей (ТЭП) машинотракторного агрегата (МТА) в целом с учетом агрегатируемого орудия. И второе – это развитие новой тягово-энергетической концепции трактора. Оба эти направления рассматривают совместно энергетическое средство – трактор и модуль приводного или не приводного сельскохозяйственного орудия, что дает предпосылки для решения актуальной задачи – повышения основных ТЭП МТА.

Целью исследовательской работы является обоснование выбора параметров МТА на базе колесного трактора с позиций повышения его основных ТЭП, а также изучение факторов, определяющих производительность МТА, включая режимы работы и агрегатирование, на примере трактора ХТЗ-150К [1-4].

Список литературы: 1. *Кутьков Г.М.* / Тракторы и автомобили.Теория и технологические свойства. – М.: Колос, 2004. – 504 с.: илл. **2.** *Коваль А.А., Самородов В.Б.*/ Крюковая нагрузка и основные технико-экономические показатели колесного трактора на вспашке. Тракторы и сельскохозяйственные машины. №6 М.:2007.–С.15-17. Тракторы и сельскохозяйственные машины. №3 М.: 2007.–С.15-17. **3.** Проектування сільськогосподарських машин. Частина 1. Плуги загального призначення. *За ред. М.В. Бакума*. – Харків. -2003. -336 с. **4.** *Кутьков Г.М.* Тяговая динамика тракторов. – М.: Машиностроение, 1980. – 215 с.

УДК 629.113

ЦИБУЛЬКО В.В., ***МИТРОПАН Д.М.,*** канд. техн. наук

АНАЛІЗ НЕСТАЛОГО ПОВОРОТУ ГУСЕНИЧНОГО ШАРНІРНО-ЗЧЛЕНОВАНОГО ТРАКТОРА

В роботі розглядається кінематика повороту передньої та задньої секцій трактора, а також динаміка завантаження ходової системи й трансмісії при несталому повороті шарнірно-зчленованого гусеничного трактора.

Оскільки гусеничний шарнірно-зчленований трактор розглядається на базі колісного трактора Т–150К, то при наявності диференціалів в ведучих мостах дві гусениці моста замінюються однією приведеною гусеницею моста.

В процесі повороту виникає відносний і переносний рух секцій. Відносний рух секцій визначається з урахуванням параметрів привода ведучих коліс гусениць мостів. При вході в поворот радіус повороту центра переднього моста, а при виході з повороту радіус повороту центра заднього моста менше, ніж при сталому повороті в 1,5…2 рази, що зменшує поперечну стійкість трактора при несталому повороті.

Динаміка навантаженості трансмісії гусеничного шарнірно-зчленованого трактора визначається з урахуванням відносного та переносного руху секцій і перехідного процесу при несталому повороті. При повороті на місці зміна навантаженості у приводі ходової системи гусеничного шарнірно – зчленованого трактора в 4,3…4,7 раз більша, ніж у колісного. Рекомендується не допускати поворот на місці більше ніж 10º кута складання рами гусеничного трактора та до 25º – колісного.

Список літератури: ***1.*** *Селиванов И.И.* Автомобили и транспортные гусеничные машины высокой проходимости. – М.: Наука, 1967. - 270 с. ***2.*** *Фаробин Я.Е.* Теория поворота транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1970.- 173 с. ***3.*** *Медведев Н.Г.* Особенности поворота гусеничной машины с четырех обводным движителем / Механіка та машинобудування // Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ „ХПІ, 2001. – №1,2. – С. 314-319. ***4.*** *Митропан Д.М*. Распределение тягового усилия между ведущими мостами шарнирно-сочлененного трактора 4К4 при неустановившемся повороте // «Тракторы и сельхозмашины», – 1972. – №3. – С. 19-21. ***5.*** *Самородов В.Б., Митропан Д.М. та інш.* Порівняльний аналіз колісних і гусеничних шарнірно-зчленованих тракторів при несталому повороті // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – №58. – С. 46-56. ***6.*** *Митропан Д.М.* Переходной режим при повороте шарнирно-сочлененного тягача // Сб.: «Автомобильный транспорт». – К.: Техніка, 1972. – Вип. 9. –С.127- 130.

СЕКЦІЯ 5.
ЕНЕРГЕТИЧНІ, ТЕПЛОФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ

УДК 621.165

БАРАННІК В.С., ***БОЙКО А.В.,*** докт. техн. наук,
БУРЛАКА М.В., мл. научн. сотр.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КУТА ВІДХИЛУ І ГЕОМЕТРИЧНОГО КУТА ВИХОДУ НА ПРОФІЛЬНІ ВТРАТИ

В зв'язку з подорожчанням палива для турбоустановок підвищення економічності, а значить підвищення ККД, стало актуальним питанням, що постає перед проектувальником. Підвищення ККД досягається за рахунок вибору оптимальних параметрів об'єкту. На даний час розвиток ЕОМ дозволяє виконувати складні задачі за відносно короткі терміни. З появою розрахункової моделі трьохмірного в'язкого нестаціонарного протікання робочого тіла через решітки турбомашин і числового рішення цієї задачі, в поєднанні з швидко розвиваючимися можливостями обчислювальної техніки, значно розширились можливості проектувальників і дозволило постановити задачу про оптимальне просторове профілювання ступенів турбомашин. Таким чином, ми маємо можливість здійснювати "доводку" оптимізованого ступеня спочатку за допомогою плоскої, а потім трьохмірної моделі. Раніше для подібних розрахунків використовувались результати потенційного обтікання плоского профілю, але останнім часом широкого використання отримали розрахунки за допомогою використання CFD. Великий інтерес представляє порівняння цих двох розрахунків.

Постановкою даної роботи являється оптимізація профільної частини лопатки і визначення профільних втрат профілю за допомогою варіювання геометричного кута виходу потоку з міжлопаткового каналу, та варіювання кута відхилу вихідної кромки. Для аналізу даних решта параметрів залишалися незмінними. До задачі додавалися обмеження - постійність горла лопатки та збереження дійсного кута виходу потоку. За початковий профіль був прийнятий профіль ТС-1А. Було проведено дві оптимізації з різними початковими математичними моделями. Однією моделлю було потенціальне обтікання, а іншою – CFD. Для побудови сіток та для завдання необхідних параметрів профілю використовується програма TopGrid, в якій були визначені допустимі діапазони варійованих величин. З ціллю скорочення кількості розглядаємих варіантів було використано планування експерименту. Для створення плану використовувалась програма AxPlan. В відповідності з нею був створений план розрахункових досліджень для двох параметрів. В результаті був отриманий профіль з більш низькими втратами ніж початковий. Приве-

дені поверхні, що характеризують залежність втрат від вказаних параметрів і обмежень та проведені порівняння результатів розрахунків, проведених за допомогою потенціального обтікання та CFD.

УДК 621.224

ДОБРЯНСКАЯ И.В., ***ТАРАСОВ А.И.,*** докт. техн. наук, проф.

О ПРОБЛЕМАХ РАСЧЁТА ГРУНТОВЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК

Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов представляет сегодня собой одну из глобальных мировых проблем, успешное решение которой, по-видимому, будет иметь определяющее значение не только для дальнейшего развития мирового сообщества, но и для сохранения среды его обитания. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является применение новых энергосберегающих технологий, использующих нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ). Истощение запасов традиционного ископаемого топлива и экологические последствия его сжигания обусловили в последние десятилетия значительное повышение интереса к этим технологиям практически во всех развитых странах мира.

Наиболее распространенными являются тепловые насосы, использующие в качестве внешнего источника тепловой энергии низкопотенциальное рассеянное тепло грунта на небольших глубинах (цикл «грунт-вода»).

Замещение традиционных схем отопления системами, использующими тепловые насосы, не требует ввода дополнительных энергетических мощностей, осуществляется с помощью минимальных конструктивных доработок и, в конечном итоге, дает значительный энергетический и экономический эффект.

Расширение применения в Украине систем теплоснабжения на основе тепловых насосов(ТН) идет, безусловно, недостаточно высокими темпами, однако, в условиях обостряющегося дефицита и роста цен на энергоносители проблема энергосбережения для экономики Украины в целом и для её жилищно-коммунального сектора в частности становится весьма актуальной.

Тепловым насосом называется термодинамическая система, позволяющая трансформировать теплоту с низкого температурного уровня на более высокий. Данные машины предназначены преимущественно для получения горячей воды, воздуха, пригодных для отопления, горячего водоснабжения и других целей. Имеются немногочисленные примеры попыток установки таких систем в Крыму, Киеве, Харькове.

Основным элементом ТН является горизонтальный или вертикальный грунтовой теплообменник(ГТ).

В данной работе производится оценка эффективности применения ГТ горизонтального типа в условиях Украины. В первую очередь оценке подлежит энергетический потенциал грунта, на который особое влияние оказывает температура грунта и динамика ее изменения. В связи с этим изучается динамика изменения температуры грунта в зависимости от времени года. Кроме того, от глубины заложения труб ГТ, а также влияния отвода теплоты на тепловое состояние грунта и возможности его использования в сельскохозяйственных целях.

В расчётах учитывались изменения теплофизических свойств грунта в зависимости от его состава, наличия растительности на поверхности грунта, от количества выпавших осадков.

Литература: 1. *Rybach L.* Status and prospects of geothermal heat pumps (GHP) in Europe and worldwide; sustainability aspects of GHPs. International course of geothermal heat pumps, 2002. **2.** *Васильев Г.П.* Энергоэффективные здания с теплонасосными системами теплоснабжения.Журнал «ЖКХ», №12, 2002. **3.** *Sanner B.* Ground Heat Sources for Heat Pumps (classification, characteristics, advantages). 2002. **4.** http://www.insolar.ru//

УДК 66.048.54

ИВАНОВА И.В., ***ФОКИН В.С.,*** канд. техн. наук, проф.

К РАСЧЁТУ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ В ШИРОКОКАНАЛЬНЫХ ПЛАСТИНЧАТЫХ ГРЕЮЩИХ КАМЕРАХ

В щелевых каналах протекают следующие процессы:

1. кипение протекает в каналах, толщина которых не превышает $\delta_к$=8÷10мм;
2. образовавшаяся парорастворимая смесь имеет до 40% массы пара;
3. кипение протекает в малом объёме;
4. жидкость, окружающая паровой пузырь, имеет температуру нагрева (термодинамическая депрессия);
5. скорость образования парового пузыря зависит от термодинамической депрессии, а частота его отрыва – от величины температурного напора.

Проведённые исследования и анализ работы выпарных аппаратов с листовой поверхностью нагрева позволяют выявить параметры, влияющие на значение коэффициента теплоотдачи.

Функциональная зависимость коэффициента теплоотдачи от определяющих его параметров имеет следующий вид:

$$\alpha = f\left(\Delta t_n; \vartheta_{mep}; \delta; \sigma; c; r_{вп}; \lambda_p; \rho_{вп}; d_0; \tau\right). \quad (1)$$

Используя методы анализа размерностей сводим эту зависимость к безразмерной форме и получаем ряд безразмерных критериев, выражающих качественную связь между коэффициентом теплоотдачи и вышеперечисленными параметрами.

Список литературы: 1. *Фокин В.С., Динилов Д.Ю., Шульгин Ю.В.* Исследование работы пластинчатой греющей камеры с кипением в каналах. **2.** *Фокин В.С., Кошельник В.М., Зберез Л.И.* К постановке и решению задачи переноса тепла при движении кипящих теплоносителей в щелевых каналах. Коммунальное хозяйство городов. Выпуск 33. – К.: Техника, 2001. – 173с. **3.** *Нечипоренко Д.И., Данилов Д.Ю., Фокин В.С.* Исследование работы выпарного аппарата с разборной шорококанальной пластинчатой греющей камерой. – Х.: Вестник НТУ «ХПИ», 12.2004.

УДК 669.183.213

ІЛЬЧЕНКО В.В., ПРУДКОВ А.В.,
КОШЕЛЬНИК В.М., докт. техн. наук, проф.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ РЕЖИМІВ РЕГЕНЕРАТОРІВ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ З СУЧАСНИМИ ТИПАМИ НАСАДОК

Високотемпературні теплотехнологічні установки (ВТУ) широко використовуються в промисловості при виробництві чорних і кольорових металів, скла, флюсів, хімічної продукції, тощо. Паливні ВТУ є найбільшими в промисловості споживачами природного газу, при цьому вони мають низьку ефективність використання палива. Наприклад, ККД плавильних печей складає менше 30% із-за значних втрат теплової енергії з продуктами горіння, що мають високий температурний потенціал.

На сьогоднішній час актуальною для доменного виробництва України є проблема енергозбереження внаслідок постійного підвищення світових цін на енергоносії. Для повітронагрівачів доменної печі такими заходами економії енергоресурсів є досягнення оптимальних режимів його роботи або використання сучасних типів насадок. Це є дуже важливо, тому що на доменне виробництво припадає близько 70% енергоспоживання повного металургійного комплексу [1]. Було розраховано, що заміна насадки з діаметром каналу 25мм підвищує температуру гарячого дуття, а також дозволяє зменшити її розміри, як наслідок – значне зменшення витрат на енергоресурси, а також зменшення вартості самої насадки.

Насадка сучасних повітронагрівачів досягає висоти 40 – 44 м і працює в тяжких температурних умовах. Вогнетриви в ній піддаються впливу високих температур (до 1400 – 1500°С) і великих тисків від власної маси, що викликає деформацію повзучості.

Явищам крипу піддаються в основному насадки з алюмосилікатних вогнетривів при невідповідності їхніх властивостей умовам служби (надмірно високі температури купола й диму, великі тривалості періодів тощо.). Крип спостерігається переважно не у верхніх, а в більше глибоких (7 – 10 м від верху) рядах насадки, де при ще високих температурах спостерігаються досить високі вагові навантаження. Руйнування насадки під дією крипу на всіх повітронагрівачах носить приблизно однаковий характер. Тому зменшення розмірів, а як наслідок, і ваги насадки значно зменшує тиск, який діє від її власної ваги, що дозволяє подовжити роботу насадки.

Для повітронагрівача №2 доменної печі №1 ВАТ «Донецький металургійний завод» з використанням створеної математичної моделі було виконано теплотехнічні розрахунки для розробки робочих креслень реконструкції.

Склад газу, який використовується на повітронагрівачі, що розраховується представлений у таблиці:

	CO_2, %	CO, %	H_2, %	N_2, %	CH_4, %	C_2H_4, %	O_2, %	H_2O, г/м^3
Доменний газ	21	23	3	53	–	–	–	50
Коксовий газ	2,6	7,1	58,4	3,2	24,8	2,9	1	50

В результаті розрахунку була визначена частка коксового газу у коксодоменній суміші, яка складає 14,47 %. В обсяг реконструкції входить повна заміна ізоляції, насадки повітронагрівача при збереженні розмірів корпусу. Заміна насадки типу БНІ – 12 – 2 з діаметром каналу 40мм на насадку з діаметром каналів 25мм призвело до зростання поверхні нагріву насадки приблизно у 2 рази та до підвищення температури доменного дуття.

Література: 1. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию “Расчет на ЭВМ температурных полей в насадке регенеративных доменных воздухонагревателей” / Сост. *В.М. Кошельник, Ю.В. Петельгузов.* – Харьков: ХПИ, 1988. – 24 с.

УДК 621.165

МАКСЮТА Д.И., ***БОЙКО А.В.,*** докт. техн. наук,
БУРЛАКА М.В., мл. научн. сотр.

ИССЛЕДОВАНИЕ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CFD, ПРОФИЛЕЙ РАБОЧИХ ТУРБИННЫХ ЛОПАТОК, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ РАБОТЫ В СТУПЕНЯХ С ПОВЫШЕННЫМИ НАГРУЗКАМИ

В настоящее время, в связи с наличием методов вычислительной гидродинамики (computational fluid dynamics — CFD), представляется возможность

существенно уменьшить количество экспериментальных исследований, заменив их современными методами расчета.

С экономической точки зрения такая замена, является очень выгодной, поскольку требует намного меньше вложений, чем проведение экспериментов в аэродинамической трубе, однако, и требует подтверждения достоверности. С этой целью, сравнение расчетов с экспериментом является очень важной задачей.

В исследовании используются два диффузорных профиля с диффузорно-конфузорным каналом, экспериментальная продувка которых была осуществлена на кафедре турбиностроения НТУ “ХПИ” [1].

Профилирование турбинных решеток с диффузорными каналами сопряжено с большими трудностями, так как у подобных решеток вследствие значительной аэродинамической нагруженности, в отличие от компрессорных, довольно большие углы поворота потока $\theta = 180^\circ - \left(\beta_1^0 - \beta_2^0\right)$ (θ может достигать величины порядка 140°), малые значения углов входа потока β_1 и сравнительно низкие значения относительного шага *t = t/b (0,3<t/b<0,7)*. На стороне разрежения такой лопатки возникает большой положительный градиент давления, при преодолении которого потоком рабочего тела происходит набухание пограничного слоя и создаются предпосылки для отрыва потока.

Численные исследования с помощью CFD этих профилей ранее не проводились.

Алгоритм решения в программном комплексе ANSYS CFX состоит из:

- создания геометрии канала;
- построения расчетной сетки;
- задания граничных условий;
- собственно расчета и анализа результатов.

Точность работы программного комплекса на основе CFD сильно зависит от расчетной сетки, использующейся для исследований.

На основании анализа полученных расчетов для диффузорных турбинных лопаток при одинаковых граничных условиях можно сделать вывод что для трех вариантов расчетных сеток (объемная, плоская, плоская с большим количеством элементов) наиболее близкие значения к опытным были получены, когда межлопаточный канал представляется в плоском виде расчетной сеткой размером 500x200 элементов.

Как оказалось, время расчета диффузорных турбинных лопаток в 2-3 раза больше, чем для конфузорных, что связано с худшей сходимостью результатов расчетов вследствие диффузорно-конфузорного течения.

Проведенные расчеты позволили построить графики зависимостей распределения интегральных профильных потерь на выходе из решетки от угла натекания потока, а также зависимости распределения локального коэффициента профильных потерь по шагу, из которых видно, что расчетные зави-

симости хорошо подтверждаются экспериментальными и вполне пригодны для решения инженерных задач.

На основании полученных данных можно сделать вывод о целесообразности замены экспериментальных исследований численными расчетами применительно к случаю диффузорных турбинных лопаток.

Список литературы: 1. *Мельтюхов В.А.* Проектирование диффузорных турбинных решеток профилей и их сравнительные испытания /Заключительный отчет/, Харьков, ХПИ, 1979. **2.** *Бурлака М.В.* Расчет вязких течений в каналах турбинных решеток с использованием современных программных комплексов, дипломная работа магистра, Харьков, НТУ "ХПИ", 2006. **3**. *Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф.* ANSYS для инженеров: Справ. пособие. М.: Машиностроение-1, 2004.

УДК 621.181.681

***НІКОЛЬНІКОВА О.В.*, *МЕНЬШИКОВА О.Д.*,** канд. техн. наук, доц.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОТЛІВ-УТИЛІЗАТОРІВ МАЛОЇ Й СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТІ ГТУ ТА ПГУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЧИСЛОВОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ НА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

Ресурсозбереження та зменшення техногенного забруднення довкілля є актуальними проблемами усього світу. Значну частина природних палив потребляють установки промислової енергетики. При цьому вони значно забруднюють атмосферу викидами шкідливих речовин та низько потенційної теплоти. Дієвим шляхом скорочення витрат природних палив та зменшення об'єму забруднення довкілля є використання когенераційних установок в промисловій енергетиці, основною частиною яких є газотурбінні установки (ГТУ). До складу ГТУ входять газові турбіни (ГТ) або газотурбінні двигуни (ГТД) та котли-утилізатори (КУ). Існує два напрямки застосування ГТУ: на газоперекачувальних станціях для привода компресорів; на автономних енергокомплексах в складі парогазових установок (ПГУ) для тепло- і енергопостачання. Установка КУ за ГТУ приводить до значного росту коефіцієнта використання тепла (КВТ) палива. Призначення котлів-утилізаторів, що входять до складу ГТУ в ПГУ, складається в утилізації тепла і виробітку теплової енергії для теплопостачання у вигляді пари та гарячої води і виробітку перегрітої пари для використання в парових турбінах, що підвищує термічний ККД ПГУ.

Котли-утилізатори в складі ГТУ і ПГУ промислової енергетики можна класифікувати по: потужності – середньої і малої; виду робочого середовища – паровому, пароводяному і водному; компоновці – тунельний (горизонтальний), баштовий (вертикальний), П-образний, Г-образний; характеру використання вихлопних газів ГТУ – без підтопа (без підвода додаткового палива) або з підтопом (з підводом палива); характеру омивання поверхонь нагріву теплоносієм – димогарні (жаротрубні) та водотрубні; за місцем розташування

– закритий (розташований у приміщенні) та відкритий (розміщений поза приміщенням).

Незважаючи на простоту конструкції котлів-утилізаторів можна відзначити елементи, які вимагають удосконалення. Завдання по вдосконалюванню КУ, які існують при розробці і реконструкції, що випливають: зниження маси; зменшення габаритних розмірів; зменшення трудомісткості виготовлення; підвищення надійності, економічності і екологічності. Необхідність прогресу в цих напрямках диктується жорсткістю конкурентної боротьби на ринку ПГУ. Цим обумовлена активна робота із моделювання, проектування і виробництва котельного устаткування для ГТУ і ПГУ.

У вітчизняній і світовій енергетиці за останні роки проводяться інтенсивні розробки по проектуванню, модернізації і реконструюванню парових та водогрійних котлів, що використовують різні види енергоносія в якості палива.

Роботи по проектуванню сучасних котлів, а також по модернізації і реконструкції вже існуючих котельних установ, припускає вирішення складних технічних задач у вигляді виконання багатоваріантних розрахунків для визначення оптимальних характеристик котельного обладнання.

У теперішній час розроблено достатньо багато версій моделей і програм теплових розрахунків котлів різних типорозмірів. Ці математичні моделі та програми мають різне функціональні призначення: деякі з них призначені для проведення конструктивних розрахунків, інші – для виконання повірочних або оптимізаційних, діагностичних розрахунків і досліджень [1-3].

У кваліфікаційної роботі розроблена математична модель теплового розрахунку котла-утилізатора ГТУ і ПГУ. При розробці моделі враховувались особливості конструкцій і експлуатації КУ. Алгоритм і логіко-структурна схема моделі дозволяють проводити розрахунок усього різноманіття елементів та схемних рішень, що застосовуються для КУ в умовах сучасного проектування та виготовлення.

Алгоритм, що реалізується у моделі теплового розрахунку КУ складається з п’яти ієрархічних рівней: перший рівень – керуюча програма, другий рівень – програми розрахунку теплового балансу, третій – програми розрахунку основних конструктивних елементів, четвертий рівень – програма розрахунку поверхонь нагріву та прохідних перерізів для теплоносіїв при різних конструкціях теплообмінних поверхонь і при використанні як гладких, так і оребрених труб, п’ятий рівень – програми термодинамічних та теплофізичних параметрів теплоносіїв та робочих серед, програми розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі для поверхонь, що нагріваються, випарних та пароперегрівних поверхонь для умов променевого теплообміну в газовому потоці, а також для конвективного теплообміну при повздовжньому та поперечному обтіканні коридорних та шахових пучків оребрених та гладких труб повітрям,димовими газами, водою, парою, програми розрахунку температурного напіру для випадку прямо току теплоносіїв, противотоку, послідовно-

змішаного,паралельно-змішаного і перехресного токів. програми розрахунку коефіцієнтів забруднення поверхонь.

Керуюча програма у автоматизованому діалоговому режимі будує структуру теплової схеми котла, організовує обчислювальній процес і вводить похідні данні, необхідні для роботи усього комплексу програм і розрахунку окремих елементів котла.

Література: 1. *Левин М.М., Волковицкая П.И., Лаптин Ю.П. и др.* Система КРОКУС – автоматизированное проектирование, комплексные расчеты, оптимизация котельных установок // Энергетика и Электрификация. – 2001. №7. С. 45–48. **2.** *Бернаджевский В.С.* Математические модели – основа систем автоматизированного проектирования перовых котлов // Теплоэнергетика. 1997. № 9. С. 20–23. **3.** *Ефимов А.В., Меньшикова Е.Д., Адель Аль Тувайни* Разработка имитационной модели котельной установки для автоматизированной системы управления и диагностики энергоблоков электростанций // Вестник НТУ "ХПИ".- 2001. Вып.7. С. 72–78.

УДК 621.224

ОДНОСТАЛКО М.А., ПОТЕТЕНКО О.В., канд. техн. наук, проф.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОНАПОРНЫХ ГИДРОТУРБИН НА НАПОРЫ 500, 700 МЕТРОВ

Структура потока в межлопастных каналах радиально-осевых гидротурбин носит сложный вихревой характер и на режимах отличных от оптимального приводит к возникновению за рабочим колесом крупномасштабных вихревых структур вида спиралеобразных вихревых жгутов, являющихся причиной низкочастотных пульсаций давления в отсасывающей трубе с большой амплитудой. В работе подробно рассмотрены причины этого явления.

На режимах отличных от оптимального возрастают различные виды потерь энергии, среди которых циркуляционные потери являются одними из основных. В работе предложено конструктивное решение этой проблемы, а именно – применение двухрядной лопастной системы с поворотными лопастями второго ряда, что существенно улучшает эксплуатационные характеристики гидротурбины. Также показана целесообразность применения дополнительного направляющего аппарата.

Ведется сравнение предлагаемой гидротурбины и обычной гидротурбины и в качестве примера представлена их прогнозная универсальная характеристика, которая наглядно демонстрирует преимущество предлагаемой гидротурбины.

Таким образом, применение турбин, оснащенных рабочим колесом с двухрядной лопастной системой с поворотными лопастями второго ряда и содержащих дополнительный направляющий аппарат, расположенный между двумя лопастными системами рабочего колеса, позволяет расширить диа-

пазоны эксплуатации высоконапорных гидротурбин по напорам и расходам (мощности), повысить надежность, энергокавитационные показатели, снизить уровень нестационарности потока, уменьшить циркуляционные и другие виды потерь на режимах работы отличных от оптимального и обеспечить более высокую пропускную способность гидротурбины.

Применение сопловых аппаратов, создающих необходимый момент количества движения перед рабочим колесом, позволяет применять высоконапорные радиально-осевые гидротурбины на напоры свыше 600 метров вплоть до 1000 метров с высоким коэффициентом полезного действия. Каналы сопловых аппаратов обеспечивают необходимые величины расходной и окружной компоненты скорости, поскольку наряду с увеличением кинетической энергии потока они посредством плавного разворота потока формируют необходимый для оптимальной работы гидротурбины момент количества движения перед рабочим колесом. Также они могут обеспечить почти идеально равноскоростной поток, не меняющийся по высоте и окружному направлению. Основная идея использования сопловых аппаратов в качестве подводящих органов подробно изложена в работе.

ОКОРОКОВА О.В., ***ШЕВЕЛЕВ О.О.,*** проф.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ПЛАВНИКОВЫХ ТРУБ

Плавниковые трубы являются разновидностью оребрённой поверхности теплообмена, их применяют для увеличения теплосъема в межтрубном пространстве теплообменных аппаратов. По данным [1,2] применение плавниковых труб для водяных экономайзеров позволяет увеличить их компактность на 20-25%.

В трубчатых водяных экономайзерах каналы со стороны греющих газов и на стороне нагреваемой среды очень малы по сравнению с общими размерами рабочей зоны. Поэтому в настоящем исследовании принять, что рабочая зона водяного экономайзера представляет собой неограниченную теплообменную матрицу одинаковых каналов (рис. 1).

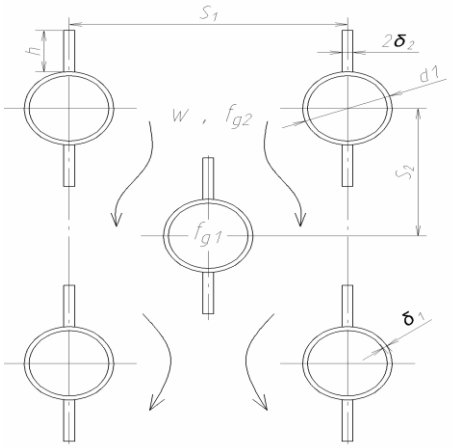


Рис.1

В этой матрице имеются многочисленные одинаковые и симметричные поверхности. Наличие этих особенностей дает возможность ограничить область решения одной четвертой частью поперечного сечения плавниковой трубы, которая представлена на рис. 2.

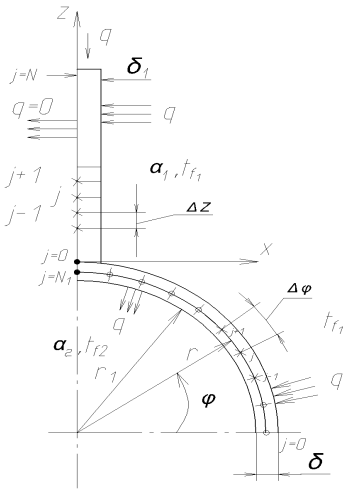


Рис.2

Для математического описания теплового состояния различные геометрии связанной расчетной области обусловили рассматривать сопряженную температурную задачу, состоящую из половины прямоугольного тонкого ребра (плавника) и четвертой части тонкого кольца (трубы).

Условие сопряжения рассматривается как абсолютный тепловой контакт ребра с трубной поверхностью, приводящей к равенству температуры основания плавника и трубы. Тепловое состояние плавниковых труб описывается теплопроводностью плавников (ребер).

Теплопроводность трубы.

Теплопроводность в трубной части можно рассматривать как стационарную задачу тонкого полого цилиндра с несимметричным теплообменом. [3]

$$\frac{d^2t}{dS^2}+\frac{\alpha_1}{\lambda\delta_1}\varphi_1(t_{g1}-t)+\frac{\alpha_2}{\lambda\delta_1}\varphi_2(t_{g2}-t)=0 \qquad (1)$$

Граничные условия

$$\varphi=0:\quad -\lambda\frac{dt}{dS}=0, \qquad (2)$$

$$\varphi=\frac{\pi}{2}:\quad -\lambda\frac{dt}{dS}=0, \qquad (3)$$

где: $dS=2\cdot r_m\cdot d\varphi$, $\varphi_1=\frac{r_1}{r_m}$, $\varphi_2=\frac{r_2}{r_m}$, (4)

Дифференциальное уравнение теплопроводности для ребер плавниковой трубы

$$\frac{d^2T}{dz^2}+\frac{\alpha_2}{\lambda\delta_2}(t_{g2}-T)=0, \qquad (5)$$

Граничные условия

$$Z=h:\quad -\lambda\frac{dT}{dZ}+\frac{\alpha_2(\delta_2+0.5dz)}{\lambda\delta_2}(t_{g2}-T)=0, \qquad (6)$$

Условия сопряжения

$$Z=0:\quad t=T, \qquad (7)$$

Дифференциальные уравнения теплопроводности (1) и (5) с дополнительными граничными условиями представляют собой математическую модель теплового состояния плавниковой трубы водяного экономайзера парогенератора.

Литература: 1. *Сидельковский Л.Н., Юрьев В.Н.* Парогенераторы промышленных предприятий, М.”Энергия”,1987,-336с. **2.** *Кутателадзе С.С., Боришанський В.М.,* Справочник по теплопередаче Л.-М:ГЭИ. 1959.-416с. **3.** *Беляев Н.М., Редько А.А.* Математические методы теплопроводности, К.: Вища школа., 1993,-416с.

УДК 621.224

САВЧЕНКО М.С., КОЛЫЧЕВ В.А., канд. техн. наук, проф.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ

ХАРАКТЕРИСТИК РАДИАЛЬНО-ОСЕВОЙ ГИДРОТУРБИНЫ

На основе математической модели рабочего колеса, разработанной на кафедре гидромашин НТУ «ХПИ», проведен анализ формирования энергетических характеристик в диапазоне основных эксплуатационных режимов гидротурбины типа РО 170. Приводятся данные о формировании кинематических условий на входе и выходе из рабочего колеса, при которых достигается оптимальный режим. Для этой цели используются зависимости, связывающие параметры оптимального режима с гидродинамическими параметрами пространственной решетки рабочего колеса. Показаны возможности совершенствования проточной части гидротурбины РО 170 путем численного моделирования энергетических характеристик.

В работе изложена методика анализа энергетических характеристик, основанная на применении безразмерных параметров. Получены закономерности изменения безразмерных параметров и параметров силового воздействия потока с рабочим колесом. Приведены результаты исследования гидравлических потерь, оказывающих наиболее существенное влияние на формирование энергетических характеристик.

Формирование зависимости КПД от геометрических и режимных параметров обусловлено изменением коэффициента теоретического напора и коэффициента потерь проточной части. Установлено, что наиболее существенное влияние на формирование оптимального режима оказывает коэффициент гидравлических потерь.

Изложена методика анализа кинематических и энергетических характеристик, позволяющая определять кинематические (скорости, углы потока) и энергетические параметры (КПД, мощность) в заданном диапазоне изменения режимных параметров $n_I^{'} - Q_I^{'}$. Эти данные необходимы для оценки отдельных видов потерь (трения, кромочных, ударных, и др.) и степени согласования элементов проточной части. Полученная таким образом информация является основной для внесения изменений в геометрию проточной части (модификаций) с целью повышения энергетических показателей.

Показана целесообразность использования нового подхода к выбору геометрических параметров рабочего колеса, основанного на прогнозировании и анализе кинематических и энергетических характеристик радиально-осевой гидротурбины на оптимальном режиме. Расчетный анализ согласования элементов рабочего колеса с подводящими и отводящими органами проводится на основе описания рабочего процесса с помощью безразмерных кинематических параметров и не требует проведения трудоемких расчетов обтекания лопастных систем.

ТАТАРКА И.В., ПАВЛОВСКИЙ В.Г., проф.

АНАЛИЗ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАСТИНЧАТО – РЕБРИСТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА С ПРИЗМАТИЧЕСКИМИ КАНАЛАМИ РАЗЛИЧНОЙ ФОРМЫ

В низкотемпературных установках для разделения воздуха используются конструкции пластинчато-ребристого теплообменника, где гофрированные ребра между пластинами образуют каналы прямоугольного, трапециевидного или треугольного сечения.

В таких призматических каналах с угловыми зонами интенсивность конвективного теплообмена зависит от формы канала. Например, при одинаковых гидродинамических условиях движения воздуха в канале прямоугольного сечения она будет выше, чем в канале трапециевидного и треугольного сечения. Поэтому разделение общего потока воздуха между пластинами на отдельные потоки воздуха в призматических каналах гофрированного оребрения пластин по разному сказывается на величине теплопередачи пластинчато-ребристых теплообменников, работающих по принципу противотока.

Анализ тепловой эффективности в таких теплообменниках показал, что образование прямоугольных каналов для движения воздуха между пластинами в наибольшей мере способствует повышению тепловых нагрузок теплообменного аппарата .

Сравнение при одинаковых тепловых нагрузках пластинчато-ребристых теплообменников с разными формами поперечного сечения призматических каналов, образованных гофрированным оребрением, показало, что металлоемкость и стоимость такого теплообменника с прямоугольными каналами будет наименьшей.

УДК 621.165

ФЕРМАН В.О., ***БОЙКО А.В.,*** докт. техн. наук, ***РУДЕНКО О.С.***

РЕКУРСИВНИЙ АЛГОРИТМ ТРЬОХРІВНЕВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ОСЬОВИХ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК

Газотурбінні установки (ГТУ) отримали широке розповсюдження у багатьох галузях господарсько-технічної діяльності людства. Це пояснюється, з одного боку тими якостями ГТУ, які не мають інші енергетичні установки, а з іншого боку, тенденцією зростання їх економічності. Створення газотурбінних установок, які відповідають сучасним вимогам, стало можливим завдяки розвитку електронно-обчислювальної техніки та розробки нових програмних комплексів оптимального проектування. Тому задача оптимального проектування ГТУ з використанням обчислювальної техніки та сучасних програм є дуже актуальною, вона зорієнтована на подальший розвиток енергетики України.

В рамках даної роботи, використовуючи програмні комплекси та широкий досвід кафедри турбінобудування в галузі оптимального проектування турбомашин, був розроблений рекурсивний алгоритм трьохрівневої оптимізації осьових ГТУ. Загальна оптимізаційна задача рознесена на три локальних ієрархічно-підлеглих рівня проектування («Схема установки» – «Циліндр турбіни» – «Ступінь») таким чином, що на кожному рівні здійснюється рішення своїх задач з необхідними наборами параметрів та методів оптимізації, критеріїв якості, математичних моделей, функціональних та параметричних обмежень. Наприклад: на рівні «Схема установки» визначаються оптимальні значення параметрів циклу ГТУ; на рівні «Циліндр турбіни» – параметрів, які визначають геометрію обводів проточної частини та розподіл теплоперепадів між ступенями; на рівні «Ступінь» – параметрів, які впливають на ефективність соплових та робочих решіток (див. рис. 1). Крім того, між локальними оптимізаційними рівнями організовано потужний рекурсивно-інформаційний обмін, завдяки чому пошук оптимального рішення на вищому рівні ієрархії включає в себе кращі рішення всіх нижчих рівнів. Фактично даний алгоритм, розроблений авторами на базі багаторівневого алгоритму оптимізації [1] осьових турбін, є логічним продовженням робіт по його розвитку та вдосконаленню шляхом розширення типу вирішуваних задач.

Для практичної реалізації розробленого алгоритму була використана система автоматизованого проектування (САПР) «Турбоагрегат» [2] (рекурсивний алгоритм трьохрівневої оптимізації був внесений до САПР в якості сценарію обчислювального процесу (СОП)). Основними перевагами вказаної САПР при вирішенні подібних задач є:

- наявність єдиного інформаційного простору та розвинутих інформаційних структур;
- можливість формування різноманітних СОП;
- наявність у складі САПР всіх необхідних процедур для вирішення поставленої задачі (математичних моделей розрахунку проточної частини осьових турбін та циклів ГТУ, засобів теорії планування експерименту, методів пошукової оптимізації, та модулей інформаційної погодженості).

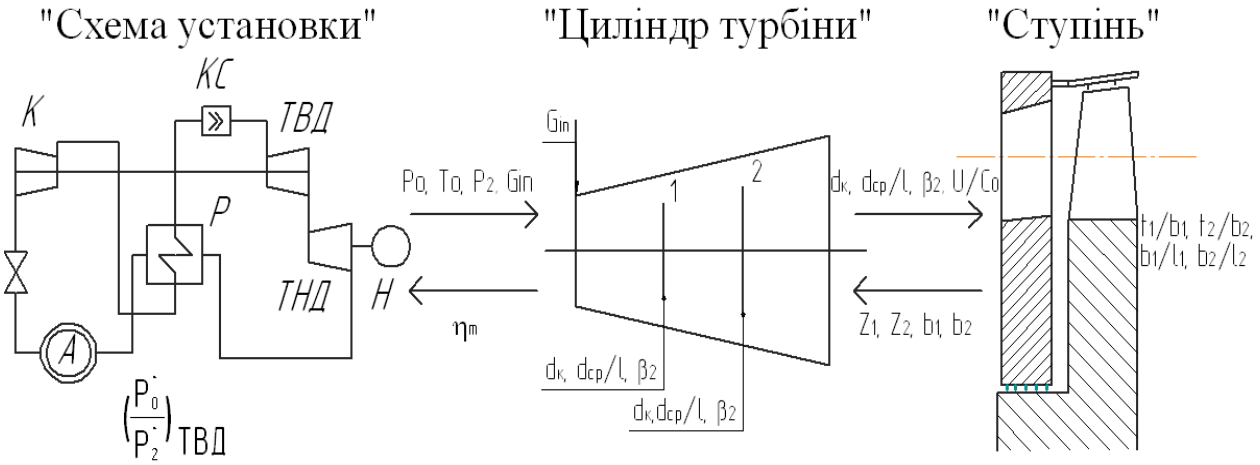


Рисунок 1 – Розподіл оптимізаційних параметрів по рівням проектування

Для перевірки працездатності й ефективності розробленого алгоритму в роботі була виконана оптимізація газотурбінної установки ГТ-700-5 виробництва Невського машинобудівного заводу [3]. Вибір цієї установки пов'язаний з тим, що установки такого типу досі широко використовуються в якості приводів газоперекачуючих агрегатів. Через брак коштів вони не можуть бути повністю замінені на нові і вимагають ремонту та широкої модернізації. Проведена оптимізація дозволила суттєво підвищити ККД установки ГТ-700-5.

Список літератури: 1. *Бойко А.В.* Многоуровневая оптимизация параметров проточной части осевых турбин с учётом переменного режима работы / *А.В. Бойко, Ю.Н. Говорущенко, А.П. Усатый, А.С. Руденко* // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2007, – №2. – С. 26–30. 2. *Бойко А.В.* Интегрированное информационное пространство САПР «Турбоагрегат» – методологическое обеспечение и программная реализация / *А.В. Бойко, Ю.Н. Говорущенко, А.П. Усатый* // Электронное моделирование. – К.: Академпериодика. – 2009. – №2. – С.43-55. 3. *Шубенко-Шубин Л.А.* Газотурбинные установки / *Л.А. Шубенко-Шубин, Н.Л. Лисецкий, В.А. Шварц и др.* – М.: Машиностроение, 1967. – 167 с.

УДК 669.162.23

***ЧУЯН О.О.*, *ГОРБАТЕНКО В.Я.*,** канд. техн. наук, доц.

ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕС ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛА НИЗЬКО ПОТЕНЦІЙНИХ ВЕР

В Україні, як відомо, електроенергетика базується на теплових та атомних електростанціях, основу яких складають паротурбінні установки. ККД паротурбінних блоків звичайно не перевищує 34-36%. Найбільшою втратою тепла палива є теплота конденсації пари з вихлопу турбіни, яка досягає 55-60%. Причиною невикористання теплоти конденсації пари є низька температура води, охолоджуючої конденсатор tв = 28-32 ºС. Існують і інші значні теплові потоки, що не використовуються з тих же причин, наприклад низькотемпературна вода з систем охолодження обладнання.

Використання навіть частини втрати тепла в конденсаторі дозволить одержати дуже значну економію палива.

Одним з можливих шляхів використання теплоти конденсації може стати застосування теплових насосів. Сучасний розвиток теплонасосних систем дозволяє забезпечувати теплопостачання з мінімальними затратами енергії. Саме цьому за останній час в усьому світі спостерігається значне підвищення інтересу до використання теплових насосів. В першу чергу це пов’язано з підвищенням цін на енергоносії і проблемами екології [1].

Прагнення зменшити витрати первинної енергії (використання палива) без зниження або навіть з підвищенням віддачі енергії споживачу за рахунок більш раціонального способу її перетворення – головна тенденція сучасної техніки. Це стосується і систем теплопостачання будівель і промислових об'єктів [2].

За допомогою теплових насосів можливо здійснити підігрів води до 120-150 ºС і використати її для опалення та теплопостачання.

Для порівняння ефективності різноманітних типів ТН з'являється необхідність використання спільного показника. Таким показником може бути питома витрата палива на вироблення теплоти або коефіцієнт його використання. Такий підхід ефективний ще й тому, що в Україні базовими електростанціями є теплові, які працюють на органічному паливі. Величина коефіцієнта перетворення КОП залежить, в загалі, від температури низько потенційного джерела теплоти та температури робочої речовини на виході з ТН. Чим більший перепад температур в ТН тим менший КОП.

В даній роботі розглянуті та розраховані різні типи теплових насосів (компресійні та абсорбційні) та різні технічні схеми. Результати розрахунків показують, що коефіцієнт перетворення можна довести до 4 та використати понад 60% втрати тепла в конденсаторах турбін.

Литература: 1. *А.В. Попов.* Анализ эффективности различных типов тепловых насосов // Проблемы энергосбережения №1-2, август 2005г. **2.** *Рей Д., Макмайкл Д.* Теплове насосы: Пер. с англ. – М.: Энергоиздат, 1982. – 224 с., ил.

УДК 669.162.23

***ШАПРАНОВА М.М.*, *КОШЕЛЬНІК О.В.*,** канд. техн. наук, доц.

ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕГЕНЕРАТИВНИХ ПОВІТРОНАГРІВАЧІВ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ

Доменне виробництво є найбільш енерго- та ресурсоємним виробництвом підприємств чорної металургії, на долю якого припадає близько 70% енергоспоживання повного металургійного циклу [1]. Тому, враховуючи значну вартість енергоносіїв, проведення досліджень щодо зниження питомої витрати палива при виробництві чавуну сьогодні є досить актуальними.

Для досягнення технологічно-необхідної температури в доменній печі для високотемпературного нагрівання великих обсягів дуттьового повітря застосовуються регенеративні повітронагрівачі з нерухомою вогнетривкою насадкою. Як відомо, збільшення температури дуття на кожні 10 ºС призводить до зменшення витрати коксу в печі на 0,3–0,5 % та підвищенню продуктивності печі на 0,25–0,5 %.[2]. З метою підвищення температури нагріву доменного дуття та заміщення природного газу запропоновано використання

добавки коксового газу до основного палива – доменного газу. Для досягнення температури димових газів 1300 ºС під куполом повітронагрівача при умові мінімізації добавки коксового газу обгрунтувано необхідність використання додаткових рекуперативних теплообмінників для попереднього підігріву повітря горіння та штучного газу до температури 180 ºС.

Для проведення розрахунків процесів горіння палива та визначення складу коксодоменної суміші за умов досягнення заданої температури горіння складено розрахункову програму «Паливо». Встановлено, що необхідна кількість добавки коксового газу склала 3 %. Також виконано теплові та аеродинамічні розрахунки регенеративних повітронагрівачів, що дало можливість отримати розподіл температур насадки та теплоносіїв по висоті теплообмінника. На основі цих даних визначено розподіл зон вогнетривів по висоті насадки в залежності від рівня температур та тиску. Впровадження запропонованих режимів дасть можливість знизити витрати коксу на виплавку чавуну за рахунок збільшення температури гарячого дуття до 1230–1240 ºС та підвищити продуктивність доменної печі.

Литература: 1. *Кошельник А.В., Кошельник В.М., Давыденко П.Д.* Особенности режимов отопления и работы воздухонагревателей доменных печей при замене природного газа искусственным газообразным топливом // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2007. – №8. – С. 18 – 22. **2.** *Товаровский И.Г.* Доменная плавка. Эволюция, ход процессов, проблемы и перспективы. – Днепропетровск: Пороги, 2003. – 596 с.

УДК 621.224

ШЕВЧЕНКО С.А., ***ЗАВЬЯЛОВ П.С.,*** доц.

ЧИСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЦИРКУЛЯЦИИ ЗА РАБОЧИМ КОЛЕСОМ РАДИАЛЬНО-ОСЕВОЙ ГИДРОТУРБИНЫ

В современном гидротурбостроении помимо повышения быстроходности, энергокавитационных качеств, уменьшения металлоемкости, важную роль играет повышение надежности и долговечности машин за счет уменьшения динамических нагрузок, в том числе и гидравлических. [1] Одной из причин последних является возникновение вихревого жгута в отсасывающей трубе из-за циркуляции потока за рабочим колесом у втулки. Исходя из этого, точность определения циркуляции за рабочим колесом является важным вопросом при разработке проточной части гидротурбин.

Для определения циркуляции за рабочим колесом существует несколько методов. Один из них - это решение кромочной осесимметричной задачи, которая предполагает ряд допущений, в том числе невязкую жидкость. [2]

С другой стороны существует ряд программных пакетов, использующих трехмерную модель вязкой жидкости, например FlowVision. [3] Но так как по

єтому пакету не достаточно сведений по определению циркуляции за рабочим колесом радиально-осевой гидротурбины, проведем численный эксперимент по определению циркуляции за рабочим колесом радиально-осевой гидротурбины двумя методами, сравнив результаты расчета.

Расчет произведен для трех режимов работы радиально-осевой гидротурбины РО230 с различным расходом. Приведенная частота вращения n'_1=65,4 мин$^{-1}$ постоянна для всех расчетов. Приведенный расход изменялся от 500 л/с до 700 л/с. Результатом проведенных расчетов являются графики изменения циркуляции вдоль меридианальной проекции выходной кромки лопасти, представленные на рисунке 1.

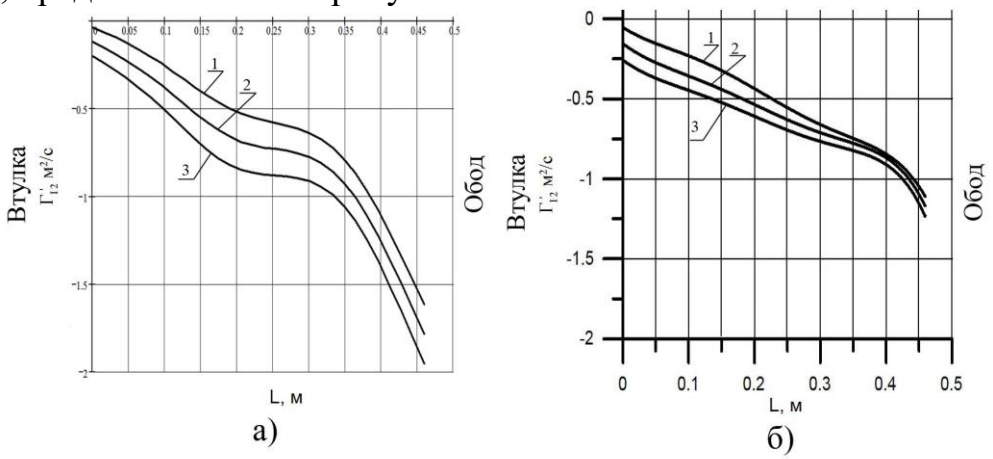


Рисунок 1. Распределение приведенной циркуляции Γ'_{12} за рабочим колесом вдоль выходной кромки лопасти: а) рассчитанная по осесимметричной кромочной задаче, б) рассчитанная с использованием программы FlowFision (кривая 1-для Q'_I=500л/с, 2-для Q'_I=600л/с, 3-для Q'_I=700л/с)

Сравнивая результаты расчетов циркуляции за рабочим колесом с помощью упрощенной осесимметричной задачи (кромочной) и программного пакета FlowVision, можно сделать такие выводы:

1. Качественно полученные значения распределения приведенной циркуляции за рабочим колесом сходны. Циркуляция у втулки незначительна, что обуславливает невысокую интенсивность вихревого жгута, и немного увеличивается к ободу для предотвращения возможных отрывных течений в отсасывающей трубе.

2. Количественно результаты расчетов совпадают в области втулки рабочего колеса и несколько расходятся по направлению к ободу. Так как интенсивность вихревого жгута зависит в большей степени от циркуляции у втулки, то результаты расчетов можно считать приемлемыми для последующего их использования при расчетах пульсаций скорости и давления. [4]

3. Исходя из того, что расчеты во FlowVision базируются на модели течения вязкой жидкости, можно полагать, что результаты расчета получились более точные, нежели в случае осесимметричной задачи. Однако расчет с использованием FlowVision требует больше времени. Поэтому для экспресс оценки нестационарности можно применять решение осесимметричной зада-

чи невязкой жидкости. А при необходимости более высокой точности расчетов желательно использовать модель вязкого турбулентного течения.

Литература: 1. *Владиславлев Л.Я.* «Вибрации гидроагрегатов ГЭС» Энергия М, 1972г, с.176. **2.** *Этинберг И.Э., Раухман Б.С.* Гидродинамика гидравлических турбин. Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1978. 280 с. **3.** Руководство пользователя FlowVision версия 2.2. **4.** *Завьялов П.С.* «Математическое моделирование пульсаций давлений от нескольких вихревых жгутов за рабочими колесами гидротурбин и обратимых гидромашин» международная науч.-техн. Конф. ИПМ АНУкраины, Харьков, 1997, с.448-455

СЕКЦІЯ 6.
НОВІ МАТЕРІАЛИ, КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

УДК 621.785.53

АНДРУХОВА І.В., КОСТИК В.О., канд. техн. наук, ***ЛІТУС К.О.***

ПІДВИЩЕННЯ КОМПЛЕКСУ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛІ 38Х2МЮА ЕФЕКТИВНИМ СПОСОБОМ АЗОТУВАННЯ

Підвищення надійності та довговічності, збільшення границі витривалості виробів з легованих конструкційних сталей, підвищення зносостійкості, забезпечення високої твердості та корозійної стійкості поверхневих шарів виробів в промисловості досягається азотуванням.

Недоліком традиційного газового азотування є значна тривалість процесу (0,01мм/год) та необхідність у використанні дорогого устаткування. Тому для ХТО актуальним питанням є розробка нових технологій, які забезпечували б значне прискорення процесів без спеціального обладнання.

В даній роботі при розробці нової технології азотування метою було використання мінімальної кількості компонентів для спрощення приготування суміші та введення речовини з великою кількістю азоту для прискорення процесу. Таким вимогам відповідає азотовмісна суміш з нанодисперсних порошків, яка містить атомарного азоту майже 67 %.

Азотування легованої сталі проводили в контейнері при температурах 450 – 650 °С протягом 5 годин. На зразках були отримані фази, аналогічні класичним. Використання сталі 38Х2МЮА для азотування дозволило проаналізувати вплив технологічних параметрів розроблюваного метода на будову дифузійних шарів.

Дослідження показали, що попередня термічна обробка (покращення) перед азотуванням легованої сталі 38Х2МЮА забезпечує твердість 30–35 HRC за рахунок формування троститрої структури з карбідами хрому, молібдену, алюмінію.

Максимальна твердість поверхневого азотованого шару, що досягає 11,5 ГПа при температурі азотування 450 °С відповідає ε-фазі з нітридами заліза та легувальних елементів, але загальна глибина дифузійного шару мінімальна – 0,17 мм. При підвищенні температури азотування від 450 °С до 650 °С збільшується глибина дифузійного шару від 0,17 до 0,4 мм відповідно, а поверхнева твердість зменшується від 11,5 до 8,8 ГПа.

Таким чином, оптимальний режим зміцнення поверхневого шару на глибину 0,35 мм є азотування в нанокристалічному порошку при температурі 550 °С протягом 5 годин, після проведення якого твердість поверхневого шару становить 11,2 ГПа і забезпечується найліпше співвідношення твердості поверхневого шару та її розподілу.

Нова технологія дозволяє прискорити процес в порівнянні з традиційним газовим азотуванням майже у 10 разів.

УДК 621.744.3

БЕРЛІЗЄВА Т.В., ***ПОНОМАРЕНКО О.І.,*** докт. техн. наук, проф.

НОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ОТРИМАННЯ ХТС НА РІДКОМУ СКЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНОМАНІТНИХ РІДКИХ ОТВЕРДЖУВАЧІВ

Процеси виробництва стержней і форм посідають важливе місце в отриманні виливків і постійно удосконалюються. В даний час технологія отримання виливків з використанням рідкого скла застосовується на багатьох підприємствах, як в Україні, так і в країнах СНД. В основному, суміші на рідкому склі отверджують за допомогою газоподібного реагенту (CO_2-процес). Але продування газоподібним отверджувачем – досить трудомісткий процес, що вимагає додаткового устаткування; а також при CO_2-процесі в'яжучі властивості рідкого скла реалізуються слабо (до 20 %), що приводить до збільшення його вмісту в суміші. Крім того недоліком таких технологій є погана вибиваність стержней із виливків.

Тому розробка нових рідких отверджувачів для ХТС, які поліпшували б вибиваність форм і стержней та дозволяли відмовитися від CO_2-процесу і тим самим спростити технологічний процес, є актуальною задачею ливарного виробництва.

З літературних джерел встановлено, що зараз найперспективнішим є процес отримання ХТС на основі рідкого скла з використанням рідких отверджувачів. Застосування рідких отверджувачів дозволяє відмовитися від застосування CO_2 і тим самим спростити технологічний процес, за рахунок цього витрата рідкого скла зменшилася до 2,5% - 4% і тим самим в 1,4 – 1,6 раза поліпшилася вибиваність форм і стержней. Було підвищено чистоту і якість виливків [1].

Серед рідких отверджувачів кращими є складні ефіри, як приклад ацетат етиленгліколя (АЦЕГ) [2]. АЦЕГ являє собою складний ефір, який одержують шляхом взаємодії органічної кислоти (оцтовою) з багатоатомними спиртами (этиленгліколем). Активними компонентами АЦЕГ є діацетат етиленгліколя (ДАЕГ) і моноацетат етиленгліколя (МАЕГ) [3]. До складу АЦЕГ в невеликій кількості можна додавати етиленгліколь (ЕГ), тетраетоксисилоксани (ТЕОС) і етилсилікат (ЕС-40) .

В ході роботи встановлено, що: ефективність отверджувачів може бути підвищена при використанні комплексних добавок, що складаються з 2-3 найменувань; найбільша міцність суміші спостерігається в композиції, де як отверджувач вводиться МАЕГ+5%ЭГ+3%ЕС-40 в кількості 0,4%; збільшення процентного змісту ЕГ в комплексній добавці підвищує міцність суміші; оптимальна кількість добавки ЕГ до отверджувача МАЕГ – 7 %; збільшення процентного вмісту етиленгліколя в рідкому отверджувачі має більший вплив на зростання міцності суміші, ніж зміна загальної кількості рідкого отверджувача; добавка ЕС-40 істотно впливає на міцність суміші; із збільшенням температури, при якій відбувається формування, виготовлення форм і стержнем, міцність сумішей збільшується, а живучість зменшується; найменша міцність у суміші з отверджувачем МАЕГ; найбільша - у суміші з отверджувачем ДАЕГ з добавкою 9% ЕГ; при використанні МАЕГ і ДАЕГ в кількості 49 і 51% відповідно, міцність суміші помітно знижується, навіть при добавці 9 % ЕГ. В результаті досліджень було встановлено, що краще застосовувати отверджувачі такого складу: ДАЕГ + 9% ЕГ і МАЕГ + ТЕОС 2%.

На основі отриманих експериментальних даних було розроблено технічні умови ТУ У 24.1 - 32237674 - 001:2008, в яких було запропоновано три різні склади за швидкістю отвердження (живучість сумішей) і міцністю складів, що отверджуються для отримання ХТС на рідкому склі. Технологію отримання ХТС на рідкому склі було успішно апробовано на заводі «Турбоатом», м. Харків. Дані проведених досліджень використовуються при викладанні курсу лекцій з дисципліни «Формувальні матеріали та суміші».

Список використаної літератури: 1. *Борсук П.А.* Экологически чистые ХТС с улучшенной выбиваемостью // Литейное производство. – 1993.-№ 12. – 13-14; **2.** *Болдин А.Н., Давыдов Н.И., Жуковский С.С и др.* Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия. Справочник. – М.: Машиностроение, 2006. – 507 с. **3.** *Сударикov А.С., Овечко Л.Т.* Разработка и внедрение холоднотвердеющих смесей, содержащих пониженные количества связующих материалов (опыт завода «Станколит») // Современные методы изготовления форм и стержней в литейном производстве. – М., МДНТП, 1985. – С. 10-12.

УДК 621.979.1

***ГРЕБЕННИК К.В.*, *ДАНИЛЕНКО В.Я.*,** канд. техн. наук

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

ПАРОВОЗДУШНОГО ШТАМПОВОЧНОГО МОЛОТА ПРИ РАБОТЕ НА ВОЗДУХЕ

Основной недостаток паровоздушного штамповочного молота – прежде всего, это очень низкий коэффициент полезного действия. Составной частью этой проблемы является также процесс перетекания энергоносителя (сжатого воздуха) между полкой золотника и стенкой золотниковой втулки. На рис. 1 показаны 3 пути выхода энергоносителя в зазор между золотником и втулкой: 1 – между уплотнением и скалкой (незначительная часть), 2,3 – в выхлопную трубу (основная часть). Так как на производстве часто зазор между золотником и втулкой за счет износа значительно отличается от стандартного, было принято решение составить расчет расхода энергоносителя в зависимости от величины вышеупомянутого зазора.

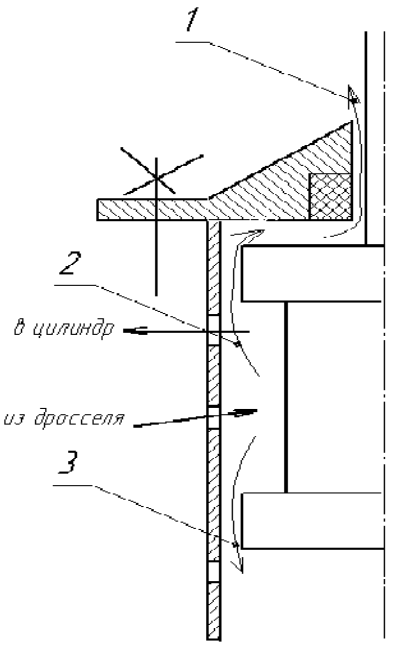


Рисунок 1 – Пути выхода энергоносителя в зазор между золотником и втулкой

Выводы: В работе рассмотрено явление перетекания энергоносителя между полкой золотника и стенкой золотниковой втулки. Выполнен теоретический анализ, на основании которого показано, как влияет величина зазора между золотником и втулкой на давление воздуха в верхней и нижней полостях цилиндра.

УДК 538.9

ГРИГОРЕНКО С.О., ***КОЛУПАЄВ І.М.,*** канд. физ.-мат. наук, доц.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ОКИСЛЕННЯ ЗРАЗКІВ МОЛІБДЕНУ

Робота присвячена технологічному процесу окислення зразків молібдену, який призводив би до ефективного перетворення металічної фази в оксидну за умов економічного нагрівання на повітрі. Робота містить аналітичний огляд механізмів, що контролюють процеси окислення, а також фізико-хімічні умови та обмеження такого процесу. Висновки, до яких приходять автори, ґрунтуються на експериментальному дослідженні процесу. Для цього в роботі здійснюється безпосередньо окислення молібденової фольги, а також проводиться рентгендифрактометричний аналіз фазового складу зразків. На цій підставі визначається температура та час витримки молібденової фольги для утворення оксидної фази.

Об'єктом дослідження в роботі є фольга молібдену. За умов високотемпературного окислення деякі метали утворюють рідкі або легколетючі оксиди. Це стосується MoO_3 з температурою плавлення 795^0C. Триокис MoO_3 формує разом із MoO_2 евтектику, що плавиться при 778^0C. Важливу роль при дослідженні молібдену відіграє також випаровування оксидів. Беручи до уваги, що швидкості випаровування експоненційно зростають з температурою, а також, що процес має порівняно високу енергію активації, випаровування оксиду набуває більшого значення при високих температурах.

Оцінивши зміну вільної енергії $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S$, можна прийти до висновку, що тільки реакції з від'ємними або невеликими позитивними значеннями ентальпії ΔH мають суттєве значення. Однак при високих температурах можливі навіть сильно ендотермічні реакції, коли ентропія ΔS реакції має значну величину. Таким чином, навіть нижчі оксиди набувають важливого значення для оцінки кінетики окислення при високих температурах.

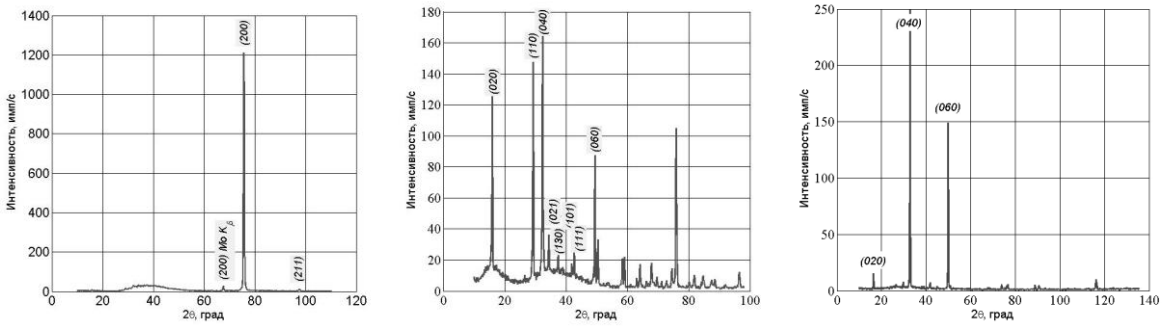
Для багатьох оксидів летючість значно підсилюється в присутності пари води внаслідок утворення газоподібних гидроокисей. Також здатні підсилити випаровування газоподібні домішки, наприклад, галогенів, CO, H_2O. Утворення градієнту температури надає змогу переносу парової фази або хімічних транспортних реакцій.

При високому тиску швидкість окислення (зміщення його поверхні) стає складною функцією тиску та газового потоку. В атмосферних умовах внаслідок існування граничного шару до критичних параметрів протікання реакції належать тиск та швидкість потоку.

Вивчення примусового видалення продуктів окислення [3] показало, що швидкість окислення зростає разом з витратою газу. Відзначається значний саморозігрів зразків завдяки екзотермічній реакції. Отримані результати [4] свідчать про визначальну роль поверхневих процесів за умов зниженого тиску кисню.

Фазовий склад визначався методом рентгенівської дифрактометрії із застосуванням випромінювання залізного аноду. Результати наведені на рисунку 1. Можна стверджувати, що при низьких температурах процесу оксид

присутній як аморфна фаза (а). При середніх температурах утворюється кристалічний оксид складу MoO_3 (б), залишаються також рефлекси кристалічної фази молібдену. При високих температурах оксидування молібден майже цілком перетворюється на оксид (в). При дослідженні спостерігається суттєва текстурованість структури як молібдену, так і продуктів окислення.



а) б) в)

Рис. 1. Дифрактограма поверхневих шарів молібденової фольги за умов окислення при температурах (350^0C, 600^0C, 900^0C) впродовж 30 хв.

Таким чином, здійснено дослідження режимів оксидування молібдену в умовах нагрівання на повітрі при нормальних умовах. Проведений якісний фазовий аналіз системи металева фольга (молібден) – шар оксиду. Отримані результати дають підстави вважати за оптимальний температурний режим окислення в діапазоні 600^0C …900^0C з метою повного окислення молібденової фольги.

Список літератури: **1**. *Кофстад П.* Высокотемпературное окисление металлов - М: Мир, 1969, 392 с. **2**. *Saha G*, Fundamentals of Nuclear Pharmacy, 3rd ed.: Springer-Verlag, New York,1992. **3**. *Bartlett E. S., Williams D. N.*\\ Trans. AIME, 212,280, 1958. **4**.*Gulbransen E. A., Andrew K. F., Brassart F. A.*\\ Scietific Paper 62-123-121-P5: Westinghouse Research Laboratories, (1962).

УДК 538.91: 548.73

ДАРМИН К.А., СОБОЛЬ О.В., докт. физ.-мат. наук

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ZR-N ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ВАКУУМНО-ДУГОВЫМ МЕТОДОМ

Вакуумно-дуговой метод получения покрытий различного назначения в последние несколько десятилетий получил широкое распространение. Уникальные возможности метода обусловлены спецификой используемой в нем вакуумной дуги как основного технологического инструмента. Среди различных ионно-плазменных методик вакуумно-дуговой является одним из наиболее универсальных процессов благодаря высокой степени ионизации

потока пленкообразующих частиц и хороших адгезионных свойств покрытий к подложкам.

Вакуумно-дуговой разряд в парах материала, из которого изготовлен катод, генерирует потоки высокоионизованной плазмы с энергией ионов в десятки электронвольт. Плазма эмитируется катодным пятном микронных размеров, в котором развивается температура, достаточная для испарения и обращения в плазму любых металлов, в том числе и тугоплавких. При контакте потока с охлаждаемой подложкой на ее поверхности конденсируется слой катодного материала. Толщина этого слоя (пленки, покрытия) пропорциональна плотности ионного потока на подложку и времени экспозиции. Вакуумно-дуговые источники плазмы позволяют получать покрытия из чистых металлов и сплавов, осуществлять плазмохимический синтез простых и сложных соединений, и формировать сложные комбинированные покрытия.

В работе использована новая технологическая схема получения покрытий из потоков металлической плазмы с применением импульсного ВЧ генератора. Затухающие ВЧ колебания в течение одного импульса создают условия для очистки (бомбардировки) обрабатываемой поверхности энергетическими ионами в начале импульса, а затем и осаждения их на поверхность при соответствующей в течение импульса величине спадающего напряжения.

Проведено сравнение структуры конденсатов нитрида циркония, полученной по обычной вакуумно-дуговой и ВЧ-модифицированной схеме, описанной выше. В последнем случае потенциал смещения подавался на подложку от ВЧ генератора, который генерировал импульсы затухающих колебаний с частотой < 1 МГц, длительность каждого импульса ~60 мкс, с частотой повторений ~10 кГц. Величина отрицательного автосмещения потенциала на подложке, благодаря ВЧ диодному эффекту, составляла 2…3 кВ в начале импульса (после срабатывания разрядника) и снижается до 100 В в конце импульса (перед срабатыванием разрядника).

На рисунке 1 приведена типичная дифракционная кривая конденсата нитрида циркония, характерная, как для получения по стандартной, так и по ВЧ схемах. Видно, что единственной кристаллической фазой выявляемой в этом случае является нитрид циркония с кубической решеткой типа NaCl (ZrN, JC PDS 35-0753).

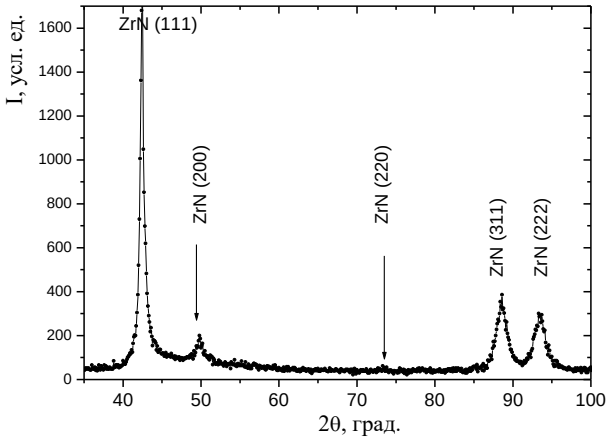


Рис.1. Участок дифракционного спектра конденсата нитрида циркония, осажденного вакуумно-дуговым методом с ВЧ стимуляцией (излучение Fe-K_α)

Изменение соотношения интенсивностей рефлексов по сравнению с табличными значениями при стандартной схеме вакуумно-дугового получения конденсатов выражается в увеличении относительной интенсивности кратных отражений от плоскости (111). По данным наноиндентирования твердость такого типа покрытия составляет в среднем 29 ГПа при величине модуля упругости E = 395 ГПа.

При аналогичном дифракционном спектре (рис.1), осаждение при ВЧ-разряде приводит к более высокой твердости 32 ГПа. Фазовый состав покрытий в обоих случаях подобен. Отличие этих покрытий, проявлялось при изучении структурного состояния кристаллитов нитрида циркония (табл. 1)

Таблица 1 – Структурные характеристики конденсатов нитрида циркония

Схема получения	$\Delta\psi$, радиан	L, нм	$\langle\varepsilon\rangle$, %	$\varepsilon_{сж}$, %	σ, GPa	a_0, нм
ВЧ	0,61	25	0,35	-1,0	-3,25	0,4599
стандарт	0,47	60	0,75	-1,2	-3,8	0,4582

Таким образом, из полученных результатов следует:

1. Конденсаты, полученные реактивным распылением циркония, являются однофазными, состоящими из кристаллитов ZrN-фазы с кубической решеткой.

2. Изменение режимов осаждения от стандартного до HF приводят к изменению на субструктурном уровне формируемых кристаллитов, при этом твердость конденсатов повышается при уменьшении размеров кристаллитов до 25 nm и понижении микродеформации.

УДК 621.979.1

ЗАБАРА А.С., ***ЕВСТРАТОВ В.А.,*** докт. техн. наук, проф.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ ЗАМКНУТОГО СЕЧЕНИЯ

До настоящего времени гнутые профили замкнутого сечения небольших диаметров поставлялись в Украину исключительно из-за рубежа. Существующие производства и практические рекомендации по изготовлению труб в Украине охватывает размерный диапазон толщин исходных заготовок от 4 мм и выше. Процесс изготовления тонкостенных труб до 4 мм не исследован.

В связи с изложенным, важность и актуальность создания теоретических предпосылок для проектирования и создания таких производств в Украине не вызывает сомнения.

Цель работы: создание научно обоснованной технологии производства гнутых профилей замкнутого сечения.

Задачи: проанализировать существующие технологии производства гнутых профилей замкнутого сечения; выполнить теоретический анализ формоизменения металла при валковой формовке гнутых профилей замкнутого сечения.

Установлено, что для изготовления гнутых профилей замкнутого сечения в настоящее время в основном применяют четыре типа калибровок, различающихся профилем открытых калибров. Окончательная формовка трубной заготовки осуществляется в закрытых калибрах. Иногда эти калибровки применяют в различных комбинациях или с некоторыми изменениями. Анализируя типы калибровок формовочного стана, сделан вывод об оптимальном способе их производства, заключающемся в применении калибровок II и III типа.

Определены компоненты напряженно-деформированного состояния полосы:

$$\sigma_{rr} = -\frac{A}{n+1}\left[\left(\ln\frac{r_í}{R_í}\right)^{n+1} - \left(\ln\frac{r_í}{r}\right)^{n+1}\right];$$

$$\sigma_{\varphi\varphi} = -A\left(\ln\frac{r_í}{r}\right)^{n} - \frac{A}{n+1}\left[\left(\ln\frac{r_í}{R_í}\right)^{n+1} - \left(\ln\frac{r_í}{r}\right)^{n+1}\right];$$

$$e_{rr} + e_{\varphi\varphi} + e_{zz} = 0,\ e_{rr} = -e_{\varphi\varphi},\ e_{\varphi\varphi} = \ln\frac{r + y_í}{r} \approx \frac{y_í}{r}.$$

Выводы: В работе проанализированы существующие технологии производства гнутых профилей замкнутого сечения. Установлен оптимальный способе их производства с использованием калибровок II и III типа. Проведен теоретический анализ формоизменения металла гнутых профилей замкнутого сечения, позволивший установить распределение конечных дефор-

маций тонкостенной трубы диаметром 25 мм, толщиной 2 мм.

УДК 621.74

КАРПОВА Е.А., ТАРАН С.Б.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ЭВТЕКТИЧЕСКИХ СИЛУМИНОВ

Важнейшими и наиболее распространенными алюминиевыми сплавами, применяемыми в промышленности, являются силумины (сплавы Al-Si), так как они обладают хорошими механическими и литейными свойствами. Основой сплава является Al, а содержание Si колеблется в приделах 4-22 %. Кроме того, в силуминах присутствуют легирующие элементы (Cu, Ni, Mn и др.), а также незначительное количество примесей Fe, Ti, Zn, Ca, и некоторых других. Эвтектика в таких сплавах состоит из кристаллов почти чистого кремния и твердого раствора.

Если Si в эвтектике находится в виде крупных образований, то с повышением процента эвтектики в структуре пластичность сплава резко снижается. Этот недостаток можно ликвидировать модифицированием натрия (также можно использовать Li, K, Sr), который быстро измельчает включения кремния в эвтектике, что в свою очередь повышает пластичность сплава. Также на пластичность сплава отрицательно влияют примеси железа, образующие хрупкие пластины, которые можно успешно нейтрализовать добавкой Mn в размере 0.2 – 0.5%.

Самым распространенным эвтектическим сплавом является сплав марки АК12, содержащий 12% кремния, обладающий прекрасными литейными свойствами из-за своего эвтектического состава. Из всех алюминиевых сплавов АК12 имеет самую высокую жидкотекучесть, а склонность к образованию пористости и трещин у него отсутствует. Однако показатели механических свойств у данного сплава невысоки и зависят от размера сечения отливки и способа литья.

Из данного сплава изготавливают малонагруженные детали (приборов, бытовых изделий, двигателей). Получают плотные, герметичные отливки с концентрированной усадочной раковиной.

Очень важно при получении отливок управлять процессом образования структуры. Действительно, только за счет создания условий для разной скорости кристаллизации мы можем получить различную дисперсную структуру и, прежде всего, Si в эвтектике.

Кроме того, большой эффект оказывает модифицирование. При разработке оптимальной технологии модифицирования следует научиться делать правильную металлографическую оценку структуры силуминов вплоть до

создания стандартов, аналогичных для чугунов. Исследовательская работа посвящена как раз этой проблеме.

УДК 621.74

КОВАЛЬ О.С., ***ТАРАН Б.П.,*** канд. техн. наук, проф., ***ТАРАН С.Б.***

К ВОПРОСУ О КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКЕ СТРУКТУРЫ СИЛУМИНОВ

Эксплуатационные характеристики изделий из силуминов в значительной степени определяются однородностью структуры, морфологией эвтектики Al-Si, размером, формой роста и физическими свойствами первичных кристаллов Si.

О силуминах написано множество работ, однако сплав является не достаточно исследованным. Поэтому планируется более детальное изучение бинарного сплава на основе Al-Si с целью получения наиболее оптимальной структуры с точки зрения физических и физико-химических свойств. Очень важно рассмотреть кинетику формирования силуминов.

Алюмосиликатные расплавы имеют характерное полимерное строение. Обычно они содержат до 20% Si. Это те сплавы, которые часто используются в промышленности. При кристаллизации со скоростью охлаждения 50 К/мин формируются первичные крупные кристаллы твердого раствора на основе Si. Известно, что при модифицировании этого же расплава гидрофосфатом Na (NaH_2PO_4) наблюдаются сферические кристаллы, имеющие средний диаметр 30мкм. Средний диаметр лучистых кристаллов в бинарном сплаве составляет 200 мкм.

Одним из наиболее сложных вопросов в металловедении являются закономерности формирования именно сферических кристаллов, потому что литейные сплавы, в которых формируются такие кристаллы, имеют высокие механические характеристики. Однако информация их кристаллизации крайне ограничена.

В силуминах известны сферические включения двух типов: кольцевые и радиально-лучевые. Последние образуются благодаря гидрофосфатам щелочных металлов и состоят из секторов. Кольцевые формируются благодаря щелочным элементам. Известно так же, что между строением радиально-лучевых кристаллов в силуминах и строением кристаллов шаровидного графита существует огромное сходство.

То есть, на основании существующих данных и проведения новых опытных исследований в будущем, планируется изучение размеров и форм включений на основе кремния в алюмосиликатных сплавах.

УДК 669.245:621.438

КОЛЕМБЕТ Н.П., БЕЛОЗЕРОВ В.В., канд. техн. наук

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБКАТЫВАНИЯ РОЛИКАМИ НА ОСТАТОЧНЫЕ МАКРОНАПРЯЖЕНИЯ УПРОЧНЕННЫХ ВАЛОВ

Остаточное напряженное состояние поверхностного слоя является одним из основных факторов, определяющих усталостную прочность деталей, подвергнутых упрочнению поверхностным пластическим деформированием (ППД).

Приведены результаты рентенодифрактометрического исследования макронпряжений в валах из высокопрочной стали, подвергнутых упрочнению обкатыванием роликами. Изучено влияние технологических особенностей ППД обкатыванием роликами на распределение осевых остаточных макронапряжений в валах (ø 30 мм), изготовленных из высокопрочной стали 30ХГСН2А. Обкатывание роликами производилось с помощью гидравлического трехроликового приспособления при усилиях 5-13 кН.

Изучено влияние следующих технологических особенностей ППД на уровень и распределение остаточных напряжений: числа проходов; величины подачи; перерывов подачи при обкатывании; наличия необкатанных зон разной протяженности на обкатанной поверхности; перекрытия зон обкатывания смежных участков детали.

Показано, что условия формирования зоны упрочнения оказывает существенное влияние на остаточное напряженно-деформированное состояние в этих зонах. При некоторых режимах и схемах ППД вдоль упрочненной зоны создается значительный градиент распределения остаточных макронапряжений, который выявляется только методом рентгеновской тензометрии. Особенности распределения остаточных напряжений обуславливают характер разрушения и усталостную прочность, поскольку результаты усталостных испытаний полностью соответствует эпюрам остаточных напряжений.

Влияние остаточных напряжений на служебные свойства оценивались по результатам усталостных испытаний. В ходе испытаний определялся ограниченный предел выносливости на базе 10^6 циклов. Наличие зон с резким градиентом остаточных напряжений резко снижает эффективность ППД.

Дан анализ причин появления неоднородности остаточного напряженного состояния и предложены технологические способы уменьшения этой неоднородности.

Полученные результаты позволяют более обоснованно разрабатывать технологию ППД ответственных тяжелонагруженных деталей.

УДК 621.785.533

ЛОМИНОГА Н.О.**, *КОСТИК В.О.,*** канд. техн. наук, ***ЛІТУС К.О.***

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БОРУВАННЯ З ОБМАЗОК ПРИ ПІЧНОМУ НАГРІВАННІ НА ФОРМУВАННЯ ДИФУЗІЙНОГО ШАРУ СТАЛІ 30Х13

Існування цивілізації на Землі тісно пов'язане з виробництвом та застосуванням металів. Але стільки ж часу безупинно точиться боротьба з явищем зносу та руйнуванням, що обмежує терміни експлуатації деталей. Тому при вирішенні проблеми підвищення зносостійкості значна увага надається методам хіміко-термічної обробки, зокрема, боруванню.

Боровані покриття, окрім високої твердості та зносостійкості мають підвищену корозійну стійкість, а також більш високу жаростійкість (до 850 – 900 °С) в порівнянні з відповідними сталями, що пройшли лише термообробку.

Матеріалом дослідження є корозійностійка сталь 30Х13, яка піддається боруванню для підвищення зносостійкості деталей, що працюють на знос в слабо агресивних середовищах до 450 °С.

Борування проводили в нанодисперсній порошкоподібній суміші на основі боровмістких речовин. Хіміко-термічну обробку зразків проводили в печі при температурі 850ºС протягом від 15 до 120 хв та при 900, 950, 1000 °С протягом 1 години. Дослідження мікроструктури зразків зі сталі 30Х13 проводили методом оптичної мікроскопії за допомогою мікроскопу МІМ-7 при різних збільшеннях. Була обміряна мікротвердість зразків на приладі ПМТ-3 та досліджена зміна мікротвердості по глибині борованого шару при різних режимах пічного нагріву.

Виявили, що борування з нанодисперсної пасти забезпечує отримання твердості поверхні в межах 20 – 22 ГПа з пониженням її до 18 – 16 ГПа по шару до перехідної зони, що пов'язане із зміною фазового складу самого шару, в якому окрім боридів FeB і Fe_2B з'являються карбіди і бориди хрому.

Збільшення температури і часу ХТО приводить до зростання борованого шару і перехідної зони. Завдяки використанню нанодисперсного боровмісного порошку тривалість насичення бором скорочується в 2 – 3 рази, що дозволить зекономити час та електроенергію.

Розроблений оптимальний режим борування для легованої корозійностійкої сталі 30Х13 дозволяє отримати необхідні експлуатаційні властивості, суміщати насичення поверхневого шару атомарним бором з гартуванням, а також дає можливість утворення дифузійного шару на зовнішніх і внутрішніх поверхнях деталей будь-якої концентрації, а також місцевого зміцнення виробів.

Список літератури: 1. *Павлюченко О. О., Костик В. О., Костик К. О.* Склад для борування сталевих виробів / Патент України № 33654, МПК[8] С 23 С 8/00. – Заявка № u200800226; дата подання заявки 04.01.08; надрук. 10.07.08, Бюл. № 13.

УДК 621.771.63

ПЛЕСНЕЦОВ С.Ю., ***ТРИШЕВСКИЙ О.И.,*** докт. техн. наук, проф.

РАЗВИТИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДОВ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОМД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Развитие современной вычислительной техники позволяет в значительной мере расширить арсенал исследователя. Высокие разрешения изображений, обеспечиваемые современной аппаратурой для сканирования и фотографическими устройствами, позволяют без труда получать изображения, масштаб которых превышает масштаб изображения на инструментальных микроскопах, точность же при этом мало уступает точности оптических измерений.

Вместе с тем, возможности современной аппаратной базы, позволяющие производить точные замеры посредством компьютерной техники, из-за недостаточного развития программного обеспечения используются не в полной мере.

Цель работы – создание нового программного комплекса, обеспечивающего точные замеры объектов, быстрое получение данных, пригодных для дальнейшей обработки, а также взаимную интеграцию программных продуктов.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

1. Создан программный комплекс «*Farseer*», обеспечивающий использование возможностей современного ПК для точных измерений размеров исследуемых объектов, их сохранение в виде цифровых данных (координат), а также вычисление координат точек на графиках, выполненных в декартовой или полярной системах координат;

2. Выполнена оценка его точности в сопоставлении с апробированными геометрическими методами.

На кафедре «Обработка металлов давлением» НТУ «ХПИ» разработан программный комплекс «*Farseer*» [1], позволяющий привязать изображение к внутренней системе масштабов различными способами (вручную, по разрешению устройства, по эталону), в зависимости от источника изображения, что положительно влияет на точность измерений. Цифровые измерения, не привязанные к конкретному оборудованию, являются удобным и надежным инструментом исследователя, позволяющим обеспечить экономию средств и времени.

Точность оценивалась [2] по результатам сопоставления замеров (см. рис 1) толщины (*S*) концевых мер (*S*=1 мм, *S*=1,5 мм, *S*=2,5 мм) посредством инструментального микроскопа БМИ, микрометра и программного комплекса «*Farseer*» (использовались два источника изображения – сканер и фотоаппарат).

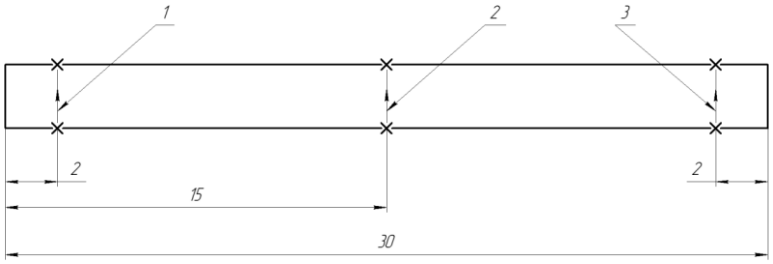


Рис. 1 – Схема замера концевых мер: 1, 2, 3 – места замера по толщине

Результаты оценки абсолютных расхождений приведены в графическом виде на рис. 2. Анализ полученных результатов показал, что максимальные расхождения по сравнению с результатами замеров на БМИ составили: 0,012 мм (1,01%) - для микрометра; 0,044 мм (2,52%) - для сканера; 0,038 мм (3,88%) - для фотоаппарата.

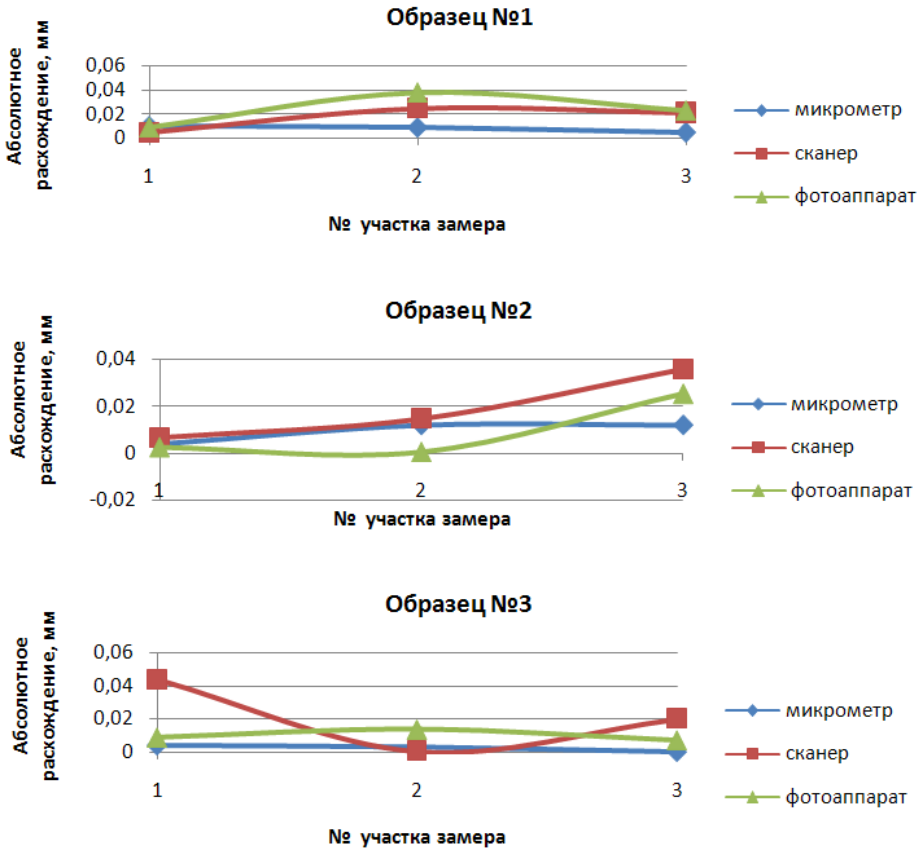


Рис.1. – Графическое значений величин абсолютных расхождений замеров

Выводы:

1. Разработанный на кафедре «Обработка металлов давлением» НТУ «ХПИ» для оцифровки графических данных программный комплекс

«*Farseer*», обеспечивает (с относительной погрешностью замеров, не превышающей 4%) возможность пользователю обрабатывать точки на графиках, получать значения в необходимом масштабе, измерять длины и углы, на основании табличных данных строить графики функций, экспортировать данные в *MS Excel*.

2. Полученные результаты позволяют рекомендовать новый программный комплекс «*Farseer*», как для качественной, так и для количественной оценки деформированного состояния металла.

Список литературы: 1. *Тришевский О.И.* Моделирование изгиба металла на 180^0 и исследование его деформированного состояния с использованием цифровых методов / Тришевский О.И., Плеснецов С.Ю. Сб. научн. трудов Вестник НТУ «ХПИ» № 15. 2009. С. 71-76. **2.** *Чиченев Н.А.* Методы исследования процессов обработки металлов давлением (экспериментальная механика) / Чиченев Н.А., Кудрин А.Б., Полухин П.И.. – М.: Металлургия, 1977. – 312 с.

УДК 621.771.26.011

ТИХОМИРОВ Ю.С., ***КУЗЬМЕНКО В.И.*** канд. техн. наук, проф.

РАЗРАБОТКА ОБУЧАЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАМЕРНЫХ ПЕЧЕЙ

Была разработана методика расчета камерных печей, включающая в себя: расчет горения топлива, расчет времени нагрева заготовок, определение размеров рабочего пространства печи, выбор кладки и определение наружных размеров печи, расчет теплового баланса и определение расхода топлива, расчет основных технико-экономических показателей работы печи.

Для реализации методики создан алгоритм и программа расчета камерной печи под названием Heat v2 Professional (рис.1). Она позволяет в автоматическом режиме выполнять расчеты по нагреву металлических заготовок под ковку и штамповку в камерных печах с постоянной температурой рабочего пространства, анализировать влияние теплофизических параметров, вида топлива, конструкции топливо сжигающих устройств и расположения заготовок на поду печи на время нагрева, скорость нагрева, «массивность» тела и т.д.

Исходными параметрами являются:

1. Размеры нагреваемой заготовки (диаметр и длина);
2. Марка материала заготовки;
3. Температура рабочего пространства печи;
4. Начальная и конечная температуры нагреваемой заготовки;
5. КПД горелки;
6. Вид и состав топлива;

7. Размещение заготовок (варьируемый параметр):

7.1. Расстояние между заготовками;

7.2. Расстояние между рядами;

8. Количество рядов и количество заготовок в ряду;

Главные особенности программы:

- ***Простота использования***.

- ***Автоматический режим расчета***. В этом режиме программа автоматически выбирает необходимые промежуточные параметры так что бы обеспечивался приемлемый результат расчета.

- ***Ручной режим расчета.*** Если вас не устраивает результат работы АРОП, вы можете выключить его, выбрав режим «Лабораторный расчет». В этом режиме пользователь сам может выбрать температурный режим, число рядов и количество заготовок в ряду и прочие параметры. Вы сами подбираете необходимые значения, чтобы обеспечить оптимальные размеры печи, величину садки, коэффициент загрузки пода, температуру горения топлива и т.д.

- ***Высокая точность расчетов***. Точность расчёта оценивалась при решении тестовых задач. Погрешность не превышает допустимую. Был реализован расчет $C_{Г.К.М.}$ $\left[\frac{Вт}{м^2 \cdot К}\right]$ - приведенного коэффициента лучеиспускания между продуктами горения, внутренней поверхностью стены и поверхностью металла с учётом размещения и размеров заготовок, состава продуктов горения, а, следовательно, состава топлива и размеров рабочего пространства печи. Расчет данного коэффициента позволяет значительно повысить точность расчета времени нагрева заготовки и, как следствие, всех остальных параметров.

- ***Полное решение поставленной задачи.***

- ***Отчеты и сохранение результатов.***

- ***Встроенная справочная система.***

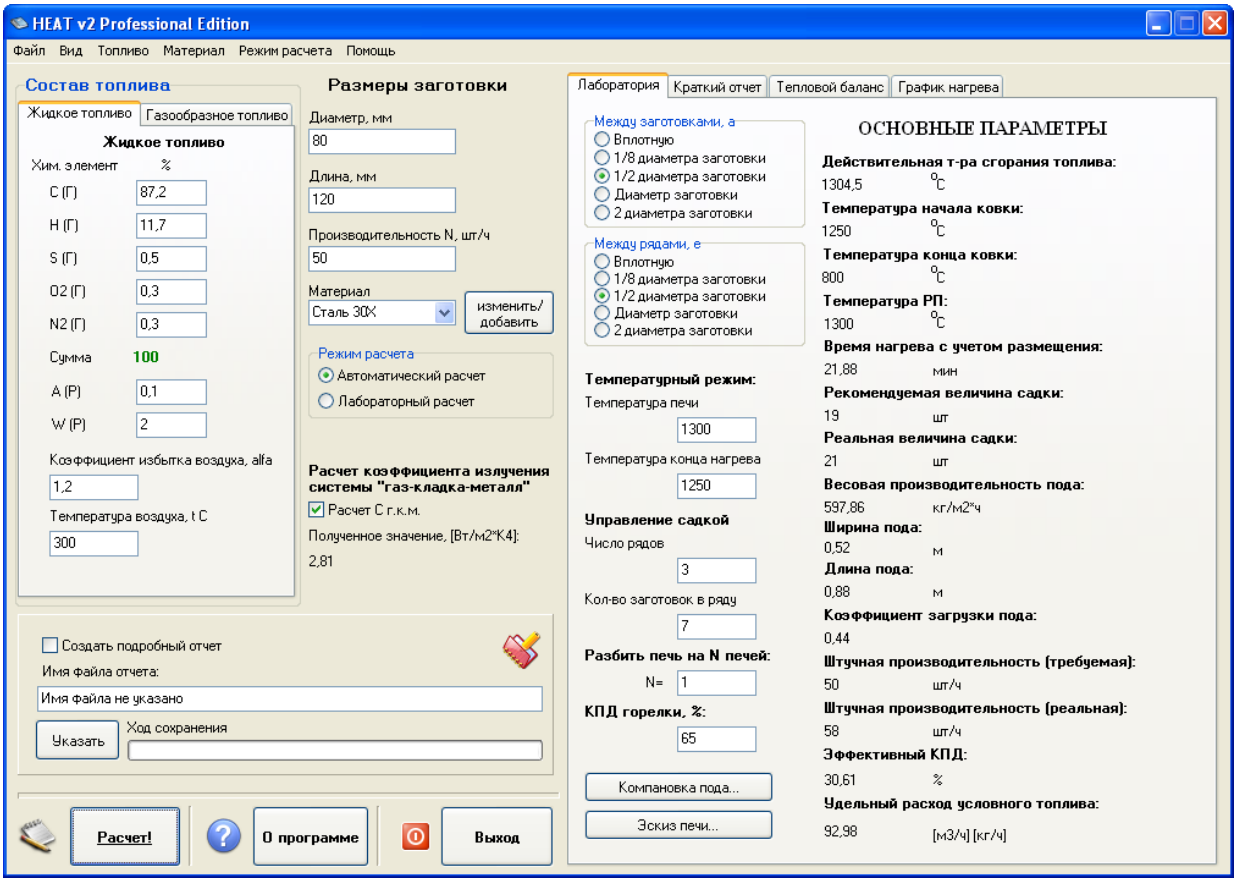


Рисунок 1 - Главное окно программы

Программа **Heat v2 Professional:**

- позволяет ускорить технические расчеты и повысить их точность, в тоже время она является обучающей и позволяет исследовать влияние теплофизических параметров печи и заготовки на процесс нагрева.

- позволит студентам-дипломникам быстро выполнить расчет печи по горячей штамповке, что сэкономит им немало времени

- сделает инженерный расчет печи необходимый для ее строительства

Список литературы: 1. *Телегин А.С., Авдеева В.Г.* Теплотехника и нагревательные устройства: Учеб. Пособие для машиностроительных техникумов по специальности “Ковочно-штамповочное производство”. – М.: Машиностроение, 1985, - 249 с., ил. **2.** *Скворцов А.А., Акименко А.Д., Кузелев М.А.* Нагревательные устройства. – М.: Высшая школа, 1965, - 443 с. **3.** Ковка и штамповка: Справочник. В 4-ч т./Ред. совет: *Е.И. Семенов и др.* – М.: Машиностроение, 1985, - Т.1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка/Под ред. Е.И. Семенова. 1985. 568 с., ил. **4.** *Казанцев Е.И.* Промышленные печи: Справочное руководство для расчета и проектирования. М.: Металлургия, 1975, - 367 с.

УДК 621.744

ЧЕКАЛІНА Г.В., ПОНОМАРЕНКО О.І., докт. техн. наук, проф.

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЯКІСНИХ ВИЛИВКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ХТС НА ОСНОВІ

ОЛІГОФУРФУРИЛОКСИСИЛОКСАНІВ

Процеси виробництва стержней та форм займають важливе місце в отриманні виливків та постійно вдосконалюються. Це пояснюється зростаючими вимогами до якості виливків, покращення умов праці та екології. В даний час все більше використовують холоднотвердіючи суміші з синтетичними смолами, що пояснюється передусім їх високою міцністю, невеликими витратами, можливістю регулювання міцності та швидкості твердіння у великому діапазоні.

Однак аналіз літературних джерел показав, що в існуючих смолах, які використовують в ливарному виробництві, як на Україні, так і за кордоном, головним недоліком є токсичність речовин, які входять до їх складу, що виділяються в процесі приготування суміші при термодеструкції, такі як фенол, крезол, формальдегід, які є отрутами, діючими на кровотворність [1-3].

Тому на сьогодні актуальним завданням ливарного виробництва є розробка технології виготовлення якісних виливків з використанням ХТС на основі олігофурфурілоксисилоксану (ОФОС) і визначення ефективності роботи різних каталізаторів, таких як бензосульфокислота (БСК), паратолуолсульфокислота (ПТСК), сульфосаліцілова кислота (ССК), ортофосфорна кислота (H_3PO_4) тощо.

В ході експериментів виявлено, що розроблений в НТУ „ХПІ” олігомер (ОФОС), який є в'яжучим для ХТС на основі продуктів переєтеріфікації етилсилікату-40 (ЕТС-40), та фурфурілового спирту, являє собою абсолютно екологічно чисте в'яжуче, яке за своїми властивостями, щодо швидкості твердіння піщаних сумішей, та швидкості набору міцності на стиск та розрив не поступається зарубіжним аналогам типу ХТС фірмі „Ashland” (Великобританія), та подібним отверджувачам Російського виробництва, Італійського та інших.

Особливістю ХТС отверджувача є відсутність як у складі ОФОС, а також і при термічній деструкції в'яжучого після заливки металу у форми виділення у довкілля (приміщення цеху) небезпечних отруйних речовин. При заливки металу у форми не виділяється ніяких шкідливих речовин, отруйних або з недобрим запахом, відсутній пригар і очищення виливка мінімальне, піщана суміш повертається у технологічний процес. Виливки без вибивки витягаються з ливарної форми, стержень в процесі заливки та охолодження повністю або частково руйнується.

Були досліджені суміші на газотвірну здатність, вологість, газопроникність, обсипальність, вогнетривкість і вибиваність. Газотвірна здатність знаходиться в межах 12,0-15 $см^3/г$, що декілька нижче допустимого параметра для ХТС. Обсипальність 0,1-0,5%, липкість суміші до стержневого ящика і пригар мінімальні. Живучість суміші складає 3-17 хвилин. Живучістю суміші можливо управляти змінюючи міру полімеризації n і концентрацію каталізаторів.

Вміст в'яжучого в ХТС – основний показник складу, що визначає рівень міцнісних характеристик стержней і форм, якість виливків, санітарно-гігієнічні характеристики процесу і його техніко-економічну ефективність. Збільшення міри полімеризації *n* приводить до збільшення міцності. Міцність зразків збільшується із збільшенням концентрації каталізатора. Тобто міцність зразків, наприклад, з каталізатором ПТСК 70% вища, ніж з ПТСК 50%. При визначенні кращого каталізатору по міцнісним характеристикам, каталізатор ССК виявився кращім.

Апробація сумішей здійснювалась на дослідному заводі НТУ «ХПІ», на ВАТ «Турбоатом», на підприємствах Енергоспецсталь (м. Краматорськ), Донецко-Кураховський ливарний завод, «Українська ливарна компанія» м. Харків, ВАТ «Верстатзавод» (м. Мукачево) та ін.

Список літератури: 1. *Кукуй Д.М., Скворцов В.А., Эктова В.К.* Теория и технология литейного производства – Минск: Дизайн ПРО, 2000. – 416 с. **2.** *Голофаев А.Н., Лагута В.И., Хинчаков Г.В.* Технология литейной формы – Луганск: Издательство ВНУ, 2001.-264 с. **3.** *Болдин А.Н., Давыдов Н.И., Жуковский С.С* и др. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия. Справочник. – М.: Машиностроение, 2006. – 507 с.

УДК 621.979.1

***ШЕВЧЕНКО Є.С.*, *ЄВСТРАТОВ В.О.*,** докт. техн. наук, проф.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМОУТВОРЕННЯ ГОФРІВ ПРИ ВИТЯГУВАННІ ЦИЛІНДРИЧНИХ СТАКАНІВ

Мета: Визначення кількості гофрів залежно від *t*, *D*, *d* та функції $v=f(\upsilon)$.

Задачі:

1 Аналітичний огляд робіт, що присвячені інтенсифікації процесу витягування деталей із листового матеріалу.

2 Визначення зв'язку висоти утворення гофру в залежності від радіусу (діаметра) фланця

3 Вплив товщини заготованки на кількість та висоту гофрів.

4 Залежність кількості циклів пульсації від швидкості витягування $v=f(\upsilon)$.

Аналіз технічної літератури з витягування дозволив виявити кілька невирішених питань, які сьогодні стали досить актуальними у зв'язку з тим, що сучасні економічні умови роботи не дозволяють для кожного технологічного процесу проводити детальні багатофакторні експериментальні дослідження.

З числа невирішених виділимо три головних питання:

– відсутність ясного уявлення про кінематику процесу витягування. Це не дозволяє узагальнити підходи до розроблення математичних моделей процесу й дати метод оцінки граничних можливостей процесу.

– друге невирішене питання – розробка узагальнених підходів до теоретичного аналізу процесу витягування і його численних схем. Для розроблення математичних моделей найчастіше використовували інженерний метод або метод ліній ковзання.

– третє невирішене питання – визначення зусилля притиску від висоти гофру, при витягуванні деталей із фланцем або без нього.

Гофроутворення при витягуванні можна усунути:

а) за допомогою нерухомої притискної плити, що у період деформування заготованки перебуває від дзеркала матриці на відстані, рівній або трохи більшій, ніж товщина вихідної заготованки;

б) еластичним притисканням заготованки за допомогою пружин, гуми або спеціального пневматичного пристрою на пресах (пневматичні подушки).

Оптимальної силою притиску заготованки вважають ту мінімальну силу, що достатня для попередження утворення складок і яка забезпечує отримання гладкої поверхні у відштампованих деталей без зморшок або складок. Ряд експериментальних досліджень мав завданням визначити оптимальну силу притиску заготованки при витяжці різних матеріалів.

Сутність одного зі способів пульсуючого витягування з гофроутворенням полягає в тому, що при витягуванні заготованки пуансоном у матрицю притискачу передають пульсуюче переміщення вздовж осі виробу. Притиск у початковий момент деформації знаходиться від матриці на відстані $f > t_0$, завдяки чому при переміщенні пуансона на глибину h_1 відбувається згортка фланцевої частини заготованки з гофроутворенням матеріалу в зазорі між притискувачем і матрицею. Потім притискувач переміщується донизу і під дією зусилля з його боку фланцева частина виробу розгладжується. Після цього (відповідно до заданої амплітуди пульсації) притискувач знову піднімається на відстань f, і при наступному одиничному переміщенні пуансона відбувається вторинне гофроутворення у фланці з наступним розгладжуванням гофрів.

Гофроутворення і розгладжування фланця при пульсуючому витягуванні чергуються доти, поки не отримають завершений виріб. При звичайному витягуванні в штампах за одну операцію можна отримати деталі з коефіцієнтом витягування K_o = 1,8...2,0, у той час як при пульсуючому витягуванні з гофроутворенням можна виготовляти тонкостінні циліндричні вироби з K_o = 2,5...3,0 (де $K_o = D_o / D_u$, D_o – діаметр заготованки, D_u – діаметр виробу). Отже, пульсуюче витягування забезпечує виготовлення деталей, висота яких у 2…2,5 рази більша, ніж висота при звичайному витягуванні. Ще більший ефект досягається при витягуванні цим способом деталей коробчастої форми. Тут можливе виготовлення деталей з кутовим коефіцієнтом витягування K_y =10...12 замість K_y = 3,0...3,5 при звичайному витягуванні. Це дозволяє витягувати деталі коробчастої форми за один перехід замість 3…4 переходів при звичайному витягуванні.

Розвиваючи аналіз процесу витягування, започаткований у роботи Е.С. Сизова, можна визначити зазор між матрицею і притискувачем як функцію висоти гофра.

УДК 621.763:539.4.015

ШИШКИНА Ю.А.**, *ЛЯБУК С.И.*****,** канд. техн. наук

ПРЕРЫВИСТАЯ ТЕКУЧЕСТЬ И ПРОГРАММНОЕ УПРОЧНЕНИЕ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ МЕДИ И ОЛОВА

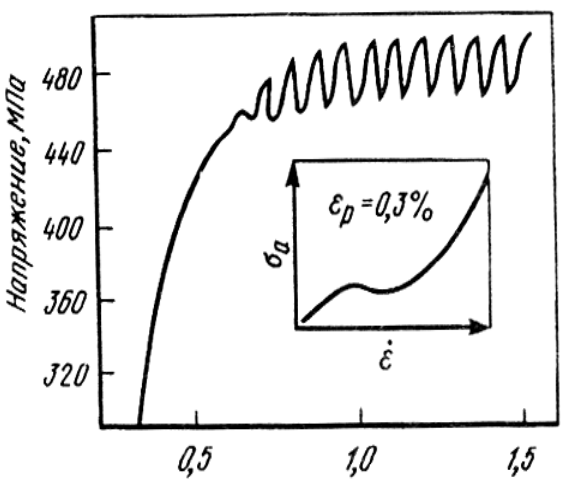
Прерывистая текучесть (эффект Портевена-Ле-Шателье) характеризуется появлением на кривой растяжения зубчатости. Причин появления прерывистой текучести может быть несколько: взаимодействие подвижных дислокаций с атомами примесей, динамическое деформационное старение, образование полос сброса, двойников, фазовые превращения вследствие пластической деформации и др.

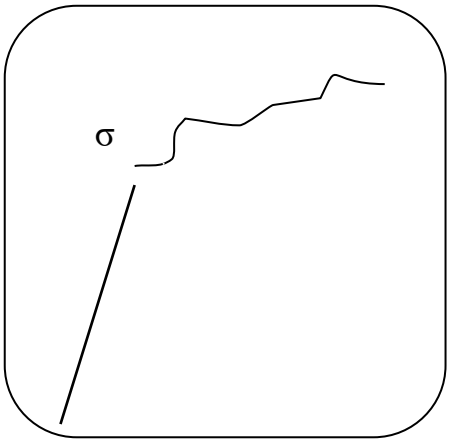
Целью работы являлось исследование возможности программного упрочнения и изучение влияния структуры гетерогенных материалов и условий деформирования на проявление эффекта Портевена-Ле-Шателье (ПЛШ), проявляющегося в прерывистой текучести.

Объектами исследования служили гетерогенные материалы на основе меди и олова. Гетерогенная структура с высокой плотностью межзеренных и межфазных границ приводит к высокой прочности и, вместе с тем, к интенсивной релаксации механических напряжений [1,2].

Программное нагружение проводили путем циклирования активного растяжения в макро-упругой области с последующей релаксацией напряжений в течение выхода кривых релаксации на насыщение. Испытания проводили при температуре 290 К при разных скоростях деформации.

Материалы с различным типом матричного металла при одной и той же температуре испытания проявляют склонность к прерывистой текучести в различных скоростных интервалах деформирования (рис.1).





а) б)

Рис.1 – Прерывистая текучесть на кривой напряжение – деформация, выявленная после программного нагружения; а – зубцы, б – полки

Прерывистая текучесть в материалах с оловянной матрицей наблюдается при более высоких скоростях деформирования, чем в материалах на основе меди. Для этих материалов с оловянной основой характерна аномально высокая релаксация напряжений и проявление разупрочнения после релаксации. В определенном интервале скоростей данные материалы проявляют склонность к упрочнению предположительно вследствие протекания фазового превращения.

Программное нагружение гетерогенных материалов с медной и оловянной матрицей приводит к значительному упрочнению данных материалов без потери пластичности.

Список литературы: 1. *I.Il'insky, S.I.Lyabuk, S.K.Kogut*.Structure property relationships in dispersion-hardened Ni-SiO and Ni-Al_2O_3 films.//Functional Materials.-2001.-8, №3.-P.535-537. **2**. *Владимиров В.И., Романов А.Е.* Дисклинации в кристаллах. – Л.: Наука, 1986. – 224 с.

УДК 621.785.533

ШУЛЬГА О.В.*, *КОСТИК В.О.*,** канд. техн. наук, доц., ***ЛІТУС К.О.

СУЧАСНИЙ ТА ПЕРСПЕКТИВНИЙ МЕТОД ПОКРАЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Останніми роками процеси хіміко-термічної обробки широко використовуються для різних металів і сплавів. Дифузійне насичення металів різними елементами призначене для підвищення твердості, зносостійкості, антифрикційних властивостей, жаростійкості, жароміцності, опору корозії або інших експлуатаційних властивостей. Без зміцнення сплави титану володіють низькою зносостійкістю і схильністю до налипання і утворення задирів при роботі у вузлах тертя. Легування титана і термічна обробка титанових сплавів істотно не змінюють їх зносостійкості. Тому для підвищення експлуатаційних властивостей сплавів титану перспективними процесами його зміцнення є

хіміко-термічна обробка.

В даній роботі запропонована проста для використання і енергетично вигідна технологія борування деталей машин з титанових сплавів на прикладі сплаву ВТ3-1, яка спрямована на скорочення часу ХТО при отриманні високоякісних боридних шарів, що забезпечать необхідні експлуатаційні властивості виробів.

Борування з нанодисперсних порошкових паст забезпечує отримання твердості поверхні титанового сплаву ВТ3-1 в межах 27,5−30 ГПа. В зоні борованого шару твердість знижується від 30 ГПа до 25 ГПа, що пов'язано із зміною фазового складу самого шару.

Інтенсивний ріст боридів титану спостерігається в перші хвилини борування з паст. При збільшені тривалості від 15 хв до 60 хв формуються боридні шари товщиною від 25 мкм до 100 мкм відповідно. Зміна часу насичення поверхні атомарним бором від 1,5 до 2 годин приводить до більш повільного росту дифузійних шарів 115−123 мкм відповідно.

Рентгеноструктурний якісний аналіз підтвердив наявність в поверхневому борованому шарі титанового сплаву ВТ3-1 такі фази як бориди TiB, TiB_2, твердий розчин бору в α-Ti та окисел TiO_2. В перехідній зоні виявили твердий розчин бору в α-Ti та залишки боридів TiB, TiB_2 і окислу TiO_2, в серцевині сплаву – тільки α-Ti.

Таким чином, можна зробити наступні висновки:

1. Розроблено метод борування в пастах з нанодисперсних порошків, який дозволяє скоротити тривалість насичення бором в 2–3 рази, що значно зменшує енергозатрати.

2. Розроблений режим борування для титанового сплаву ВТ3-1 дозволяє отримати необхідні експлуатаційні властивості і суміщати насичення поверхневого шару атомарним бором з гартуванням.

СЕКЦІЯ 7.
ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ

УДК 539.21

АСЕЕВ А.С.**, *АВРАМЕНКО Б.А.,*** канд. физ.-мат. наук,
РАВЛИК А.Г., докт. физ.-мат. наук, проф.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ПЛЕНОК ВИСМУТА

Известно, что висмут даже при комнатной температуре имеет большое магнетосопротивление (МС), сравнимое с гигантским МС. В связи с этим

пленки висмута перспективны для применения в качестве активных элементов микроминиатюрных датчиков магнитного поля.

Ранее нами были проведены исследования влияния температуры подложки $\mathbf{T_п}$ на структуру, удельное сопротивление $\boldsymbol{\rho_0}$ и магнетосопротивление $\boldsymbol{\Delta\rho/\rho_0}$ пленок **Bi** [1, 2]. Показано, что $\mathbf{T_п}$ существенно влияет на указанные характеристики, причем их зависимости от $\mathbf{T_п}$ обусловлены изменением структурных параметров: размеров зерен в пленке, наличием аксиальной текстуры типа (00ℓ) и степенью ее совершенства.

Целью данной работы являлось изучение влияния отжига на $\boldsymbol{\rho_0}$ и $\boldsymbol{\Delta\rho/\rho_0}$. Пленки толщиной 1,5 мкм конденсировались на ситалловые подложки при температуре 60°С по методике, описанной в [2]. При этом разработано специальное приспособление и соответствующая методика, которые позволили проводить многократные измерения одного и того же образца после отжига при различных температурах.

Отжиг длительностью 1 час проводился в вакуумной камере при температуре от 90°С с интервалом в 20°С. После каждого отжига измерялось удельное сопротивление при $\mathbf{H} = 0$ $\boldsymbol{(\rho_0)}$ и $\mathbf{H} = 20$ кЭ. Обнаружено, что в исследуемом диапазоне температур отжига $\boldsymbol{\rho_0}$ изменяется от 213 (исходное значение) до 160 мкОм·см, причем разность $\boldsymbol{\Delta\rho}$ увеличивается от 102 до 122 мкОм·см, а магнетосопротивление возрастает от 50 до 76%. На рис.1 показаны эти зависимости, каждая из которых приведена к своему максимальному значению. Можно заметить, что удельное сопротивление спадает несколько быстрее, чем увеличивается разность Δρ. Это и обусловливает больший прирост магнетосопротивления.

На рис.2 показана зависимость удельного сопротивления $\boldsymbol{\rho_0}$ от времени отжига при температуре 90°С. Экспериментальные точки аппроксимированы экспонентой. Электросопротивление при таких процессах обычно уменьшается экспоненциально. Можно полагать, что при значительном времени выдержки структурное состояние пленки должно стабилизироваться.

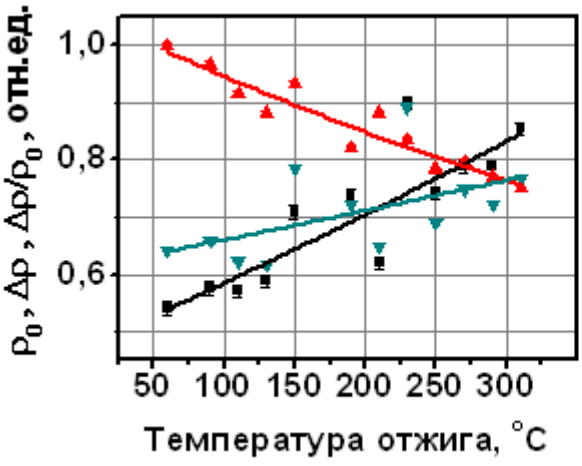


Рис.1 Относительные изменения удельного сопротивления $\boldsymbol{\rho_0}$ (▲), раз-

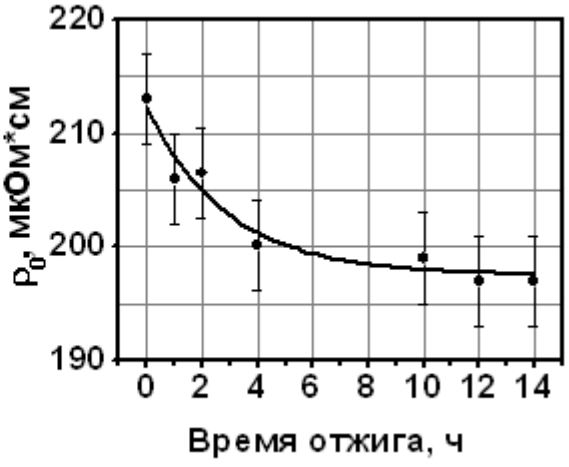


Рис.2 Изменение $\boldsymbol{\rho_0}$ при различной экс-

ности удельных сопротивлений **Δρ** (в поле и без поля, ▼) и магнетосопротивления **Δρ/ρ₀** (■) при отжиге позиции при 90°С.

При выдержке до 4 часов удельное сопротивление снижается на 6%, а далее почти не изменяется. Для магнетосопротивления зависимость также выходит на насыщение, подобно удельному сопротивлению, т.е. сначала повышается до некоторого значения, а после – остается на том же уровне.

Чтобы проследить за структурными изменениями при некоторых температурах и временах отжига образцов были получены дифрактограммы. Обнаружено, что они практически идентичны и мало отличаются от дифрактограммы образца в исходном состоянии. Размеры областей когерентного рассеяния уже в исходном состоянии превышают 150 нм. Измерения полуширин кривых качания дают весьма близкие значения (около 5°), что указывает на высокое совершенство текстуры, а также на то, что текстура, соответствующая исходному состоянию пленки , не изменяется в процессе отжига. Наблюдаемые зависимости электрофизических свойств от параметров отжига, по-видимому, обусловлены структурными изменениями, которые, однако, не фиксируются дифрактометрическим методом. Поэтому для решения возникших вопросов необходимы дальнейшие структурные исследования.

Таким образом, повышение температуры отжига приводит к существенному росту магнетосопротивления, хотя эти изменения менее значительны по сравнению с влиянием температуры подложки. Можно также заключить, что достаточно длительный отжиг оказывает стабилизирующее воздействие на электрофизические параметры пленок висмута.

Список литературы: 1. *Асеев А. С., Мирзоев И.Г., Авраменко Б.А., Равлик А.Г.* Гальваномагнитные свойства, кристаллическая структура конденсированных пленок висмута и возможности их применения // Тези доповідей ІІІ Університетської науково-практичної студентської конференції магістрантів НТУ «ХПІ» (14 – 16 квітня 2009 року), Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – с. 90 – 92. **2.** *Асєєв А.С.* Структура та магніторезистивні властивості конденсованих плівок вісмуту. Звіт про дипломну роботу бакалавра / Керівники – Авраменко Б.О., Равлік А.Г., кафедра ФМНП. – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – 65 с.

УДК 621.311

БОРМОТОВА Т.В.

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ ВТРАТ У КОМБІНОВАНІЙ УСТАНОВЦІ «ПЛАСТМАСОВИЙ КОЛОДЯЗЬ – СТАЛЬНИЙ МЕТАНТЕНК» ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ

В нетрадиційній енергетиці важливу увагу приділяють виробництву біогазу з органічної сировини. Біокомплекс для отримання біогазу, як правило працює в мезофільному(при 35^0С) режимі, або в термофільному(при 55^0С), або за послідовною схемою реалізації обох режимів. Для активнішого бродіння маса перед загрузкою подрібнюється та накопичується у ємності (пластмасовому колодязі). Далі фекальним насосом подається до метантенків, де доводиться до температури мезофільного режиму 35^0С, або до до температури термофільного режиму 55^0С. Саме ємностям з поліетилену приділяється увага. Метою роботи є розрахунок теплових втрат через стінки ємності виготовленої з пластику (поліетилену високої густини) при розташуванні метантенку у грунті і на його поверхні, враховуючи періоди року. Пластиковий метантенк це найостанніша розробка на ринку, яка має ряд переваг у порівнянні зі стальними чи бетонними метантенками. Це готові герметизовані конструкції, газонепроникні, завдяки пустотілошаровій конструкції стінки мають добру теплоізоляцію, корозійностійкі, витримують постійний контакт з рідинами, що містять хімічно активні речовини, екологічно чисті при перебуванні у грунті, стійкі до холоду.

Тепловий розрахунок виконується для конструкції одношарової стінки метантенку, яка є комбінованою і складається з поліетилену та повітряного прошарку. При розрахунках враховується термічний опір та теплопровідність поліетилену; при розташуванні метантенку у ґрунті - коефіцієнт тепловіддачі ґрунту; при розташуванні на поверхні - коефіцієнт тепловіддачі повітря і коефіцієнт теплопровідності повітря. За підрахунками теплові втрати на поверхні ґрунту у мезофільному режимі становлять 4,48 кВт, в термофільному режимі 4,3 кВт, а в ґрунті відповідно – 4,52 кВт і 5,04 кВт. За розрахунковими даними енергетично-економічніше метантенк розташовувати на поверхні ґрунту. Але все ж таки, своєї уваги заслуговує розташовування метантенку у ґрунті. Так як вибраний для розрахунку метантенк виготовлений з поліетилену та його рекомендовано розташовувати саме у ґрунті, щоб той не підлягав руйнуванню сонячним промінням. Щоб знизити теплові втрати потрібно зробити насип між реактором і ґрунтом з речовини більш щільної ніж ґрунт (наприклад, пісок) або речовину з меншою щільністю за ґрунт (наприклад, галь, прості в експлуатації з керамзіту), і виконати ззовні піску (гальки) гідроізоляцію. Втрати тепла на нагрів сировини суттєво перевищують втрати у навколишнє середовище, це показує добру ефективність роботи установки.

Недоліком реактору з поліетилену можна вважати те, що довготривале попадання сонячного проміння буде руйнувати матеріал. А також першопочатковий високий ціновий вклад за поліетиленовий метантенк і поліетиленові труби необхідні для конструювання установки.

УДК: 539.21

БУДНИК А.В., ***БУЛГАКОВ А.А.,*** докт. физ.-мат. наук, проф.

ОСОБЕННОСТИ ЗОННОЙ СТРУКТУРЫ СПЕКТРА В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

Освоение коротковолновых частотных диапазонов от десятков до сотен гигагерц (от миллиметрового до рентгеновского) в настоящее время связано с развитием наноэлектроники. Одним из направлений этой области является создание тонкопленочных структур из различных материалов. Если свойства такой структуры обладают периодичностью, то можно говорить о создании нового материала с физическими параметрами, не существующими у естественных твердых тел. Электродинамические свойства отдельных слоев описываются уравнениями Максвелла и граничными условиями. Периодичность структуры накладывает дополнительные требования на поля на границах слоев. В результате возникает новое свойство – трансляционная симметрия. Минимальное значение периода повторения поля равно периоду структуры, а максимальное – может быть любым. В результате возникают зоны пропускания и непропускания электромагнитных волн. Эти зоны аналогичны энергетическим зонам для электронов в кристаллических проводящих твердых телах. Если периодическая структура состоит из ограниченного числа периодов, то компонента волнового вектора, перпендикулярная границам слоев, приобретает дискретные значения. Эта особенность соответствует квантованию энергии электронов проводимости в квантовой механике твердого тела.

Конфигурация зон пропускания определяется свойствами диэлектрической и магнитной проницаемостей слоев. Если проницаемости обладают частотной дисперсией или зависят от внешних электрического или магнитного полей, то появляется возможность эффективного управления спектральными свойствами периодических материалов.

В работе рассмотрены зонные спектры периодических структур, образованных повторением таких слоев: диэлектрик–диэлектрик, диэлектрик–полупроводник, полупроводник–полупроводник.

Решение для каждого слоя задавались в виде плоских волн. Было введено новое поперечное волновое число $\bar{k}$, которое описывает периодичность структуры. Получены уравнения, которые позволяют определить только те волны, соотношения между фазами которых удовлетворяют условиям периодичности. Если же такие условия не выполняются, то распространение волн с такой частотой и волновым числом $\bar{k}$ невозможно, т.е. возникает запрещенная зона. Получены дисперсионные соотношения, из которых следует, что волновые числа $\bar{k}$ являются новыми усредненными волновыми числами.

В отличие от традиционного изображения зон в теории уравнений с периодическим коэффициентом была построена зависимость частоты ω от волнового числа k_x (ось 0x направлена параллельно поверхности слоя), умноженного на период d структуры. Графики зависимости $\omega = \omega(k_x d)$ поз-

воляют оценить глубину проникновения поля $\frac{2\pi}{\mathrm{Im}\,\bar{k}}$ в зависимости от значения $\mathrm{k_x d}$ в задачах о распространении поверхностных волн вдоль границ между слоями.

На частотах $\omega < \frac{\mathrm{k_x c}}{\sqrt{\varepsilon}}$ поля в слое убывают по экспоненте от границ слоя, но распространение волн в структуре оказывается возможным. При этом зоны пропускания сужаются. Так как распорстранение поверхностных волн на границе двух однородных диэлектриков невозможно, то ниже световой линии $\left(\mathrm{k_x} = \sqrt{\frac{\omega^2}{\mathrm{c}^2}\varepsilon}\right)$ нет зон пропускания. При больших значениях ω и $\mathrm{k_x}$ все зоны стремятся к световой линии. Эти зоны можно назвать «диэлектрические зоны».

Отличительной особенностью периодических структур полупроводник–диэлектрик и полупроводник–полупроводник является частотная дисперсия диэлектрической проницаемости для слоя полупроводника. На частотах $\omega < \omega_\mathrm{p}$ (частота $\omega_\mathrm{p} = \frac{\omega_\mathrm{L}}{\sqrt{\varepsilon_0}}$ называется плазменной частотой) диэлектрическая проницаемость отрицательна, продольное волновое число в слое полупроводника k_z – мнимое и на границах слоев распространяются поверхностные плазмоны. По этой причине поля в слоях спадают от границ по экспоненте. Можно сказать, что поле просачивается через слои, а зона пропускания с ростом $\mathrm{k_x}$ асимптотически стремится к частоте поверхностного плазмона. Кроме того, имеются две зоны: одна на частотах ниже плазменной, вторая – выше. Особенность этих зон в том, что фазовая скорость волн в структуре стремится к нулю при стремлении k_x бесконечности. При учете затухания минимальная скорость будет ограничена. В периодической структуре часть энергии переносится в слоях диэлектрика, а потери в диэлектрике могут быть на один-два порядка меньше, чем в полупроводнике. В результате и минимальная скорость в периодической структуре ниже, чем в однородном полупроводнике на таких же частотах. Такая особенность спектра может быть интересной при создании активных полупроводниковых приборов для генерации и усиления в диапазонах коротких миллиметровых и субмиллиметровых волн. Другая особенность верхней зоны заключается в том, что при некоторых значениях блоховского волнового числа наклон производной $\frac{\partial\omega}{\partial \mathrm{k_x}}$ оказывается отрицательным. Это означает, что групповая скорость электромагнитной волны должна быть отрицательной. Следовательно, фаза волны и ее

энергия распространяются в противоположные стороны. Такая область спектра может быть названа «область плазменных поляритонов».

***БУРЦЕВ Є.Р.*, *ОСЕЦЬКИЙ О.І.*,** канд. техн. наук, проф.

ТЕРМОПЛАСТИЧНИЙ АНАЛІЗ НАДВ'ЯЗКИХ КРІОПРОТЕКТОРНИХ РОЗЧИНІВ

Одним з найістотніших недоліків що використовуються в даний час методів вивчення заморожених кріопротекторних розчинів і біосистем, є неможливість визначення їх в'язко-пластичних характеристик при температурах нижче -50 - - 60 °С. В теж час такі характеристики необхідні для оптимізації технології кріоконсервування біооб'єктів, зокрема, тільки на основі таких даних можна сформувати принципи механізмів пошкодження охолоджуваних біосистем завдяки термо-упругим напругам. Кріоконсервування – це процес збереження биооб'єктів завдяки заморожуванню їх у захисній речовині. Речовини, здатні запобігати розвитку пошкоджень біологічних об'єктів при їх заморожуванні і подальшому відігріванні, називають кріопротекторами. У зв'язку з цим був розроблений метод термопластического аналізу заморожених кріопротекторних розчинів в діапазоні температур -80- -150°С, тобто поблизу температури оскляння. Температура оскляння - температура, при якій речовина переходить при охолоджуванні з високо еластичного або в'язкотекучого в склообразний стан. Температура оскляння визначається хімічним складом і не є жорстко певною величиною, оскільки перехід в склообразний стан звичайно відбувається в досить широкому інтервалі температур. Фізична основа запропонованого методу термопластичного аналізу над в'язких кріопротекторних розчинів представляється на прикладі деформації в режимі зсуву модельного замороженого зразка двокомпонентного розчину кріопротектора з типовою для температур лежачих поблизу температури оскляння, структурою. Для експериментів був вибраний ДМСО, цей вибір пояснюється тим, що саме ця речовина найбільш часто використовується в кріоконсервуванні, оскільки він володіє найбільшими захисними властивостями, проникаючою і зв'язуючою здібностями та має малу токсичну дію. Необхідними критеріями проведення експериментів була постійність навантаження, температури та геометрії замороженого зразка. Досліджуваний інтервал температур носить практичний характер, тому що саме на ньому розчин має надв'язкі властивості, а вихід за межі інтервалу приводить к осклянню зразка.

Отримані за допомогою даного методу данні дозволяють вперше визначити в'язко-пластичні характеристики водних розчинів ДМСО залежно від температури і концентрації.

Отримані результати дозволяють оптимізувати режими охолоджування біооб'єктів в процесі їх кріоконсервування.

УДК [539.216:546.28`26]:535

<u>ВОЛОС Л.А.,</u> СЕМЕНОВ А.В., канд. физ-мат наук

СТРУКТУРА ПЛЕНОК SiC, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ПРЯМОГО ИОННОГО ОСАЖДЕНИЯ

Одной из важнейших задач современного материаловедения карбида кремния является понижение температуры его синтеза на подложках, что необходимо для развития полупроводниковой электроники на основе SiC. В связи с этим, большое внимание уделяется исследованиям процессов низкотемпературного получения пленок SiC путем осаждения частиц с повышенной (относительно тепловой) энергией.

В настоящей работе исследовали особенности формирования и свойства пленок SiC в условиях прямого осаждения ионов углерода и кремния с энергией 100 эВ. Исследования выполняли на ионно-плазменной установке с модифицированным вакуумно-дуговым источником ионов с прямолинейным фильтром для сепарации плазменного потока от нейтральной компоненты. Структуру пленок изучали методами рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии и рентгеновской дифракции.

Установлено, что температура подложки обеспечивает формирование пленок SiC с различными фазовым составом и структурным состоянием. При температуре ниже 1000 ^{0}C наблюдается рост кубической модификации карбида кремния – 3C-SiC. При температуре выше 1000 ^{0}C растет преимущественно ромбоэдрические модификации карбида кремния – 51R-SiC и 27R-SiC. При температуре выше 1300 ^{0}C наблюдается рост гексагональной модификации карбида кремния – 6H-SiC.

Впервые показано, что при данных условиях ($T_{подл}$=1220°C, энергия ионов 100 эВ, $P_{осажд}=3\times10^{-6}$ мм.рт.ст) в пленке формируется политип, структура которого соответствует структуре подложки – 6H-SiC. Показана возможность низкотемпературного эпитаксиального роста нанокристаллической пленки SiC на подложке 6H-SiC

Список литературы: 1. Карбид кремния./ *Под ред. Г. Хениша, Р. Роя*.- М: Мир, 1972. **2**. *Семенов А.В., Лопин А.В., Пузиков В.М.* Низкотемпературное получение и оптические свойства пленок карбида кремния. // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2004. - №9. - с.99-106

УДК 51-72:621.315.592

<u>ДОРОШЕНКО Г.М.,</u> КОПАЧ В.Р., канд. техн. наук,

КІРІЧЕНКО М.В., ЗАЙЦЕВ Р.В.

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ТОЧКОВИХ ДЕФЕКТІВ НА ЕФЕКТИВНИЙ ЧАС ЖИТТЯ НЕОСНОВНИХ НОСІЇВ ЗАРЯДУ В БАЗОВИХ КРИСТАЛАХ КРЕМНІЄВИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Одним з перспективних напрямків удосконалення напівпровідникових приладів є комп'ютерне моделювання електронних процесів, котрі обумовлюють їхнє функціонування, в залежності від особливостей конструктивно-технологічного рішення (КТР) приладів і діючих зовнішніх факторів. Це безпосередньо стосується, наприклад, монокристалічних кремнієвих фотоелектричних перетворювачів (*Si*-ФЕП), ефективність роботи яких суттєво залежить від якості базових кристалів (БК) після виготовлення, зберігання і в процесі експлуатації *Si*-ФЕП. Тому комп'ютерне моделювання впливу власних точкових дефектів, різноманітних домішок і їхніх комплексів на ефективний час життя $\tau_{n,p}$ неосновних носіїв заряду у БК *Si*-ФЕП є необхідним і важливим кроком для визначення ключових чинників рівня якості таких приладів на усіх етапах їхнього існування та шляхів подальшого вдосконалення КТР з метою підвищення ККД *Si*-ФЕП. Викладені аргументи зумовили актуальність досліджень, узагальнені результати яких стисло наведено нижче.

Створено електронну модель пластин *p*-типу провідності, вирізаних з вирощених методом Чохральського монокристалічних зливків кремнію марки КДБ-10, яка передбачає можливість існування у їхньому об'ємі вакансій V, дівакансій V_2, тривакансій V_3; домішкових вузельних атомів бору B, фосфору P, арсену As; домішкових міжвузельних атомів бору B_i, вуглецю C_i, хрому Cr_i, титану Ti_i, цинку Zn_i, золота Au_i, молібдену Mo_i, заліза Fe_i, кисню O_i та найбільш поширених комплексів деяких з цих дефектів: V-P, V-$2As$, Ti-Ti, Zn-Zn, V_2-O_i, Cr-B, Fe-B, Fe-Al, B_i-O_i, C_i-O_i.

При використанні створеної електронної моделі розраховано залежності τ_n від концентрації N дефектів вакансійного типу: V, V_2, V_3; шкідливих домішок: Cr_i, Ti_i, Zn_i, Au_i, Mo_i, Fe_i; B_i, C_i, O_i і перелічених вище комплексів точкових дефектів. На основі результатів цих розрахунків побудовано залежності τ_n від N, а для випадків одночасної присутності у кристалі кремнію двох різних типів з перелічених вище дефектів побудовано діаграми залежності τ_n від значень N для кожного з цих типів. Побудовані залежності та висновки розглянуто у доповіді.

На підставі усіх отриманих результатів порівняно вплив різних ансамблів точкових дефектів на початкове значення τ_n і обговорено можливі зміни τ_n в залежності від характеру еволюційних перетворень у таких ансамблях. Проаналізовано вплив зазначеного на ефективність роботи *Si*-ФЕП з БК кремнію марки КДБ-10 і зпрогнозовано тенденцію його кількісної відмінності у випадку використання БК кремнію марки КДБ-2.

УДК 539.216:548.75

ЖУРАВЕЛЬ И.А., ***БУГАЕВ Е.А.,*** канд. физ.-мат. наук,
КОНДРАТЕНКО В.В., докт. физ.-мат. наук

СТРУКТУРА ГРАНИЦ РАЗДЕЛА В МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИЦИЯХ

Наилучшим методом для исследования шероховатости границы раздела является метод рентгеновского диффузного рассеяния. Это неразрушающий и довольно точный метод.

Моделирование кривых диффузного рассеяния удобно проводить при помощи программы IMD, разработанной Д. Виндтом, написанной для синхротронных источников. Целью данной работы было адаптирование методики съемки и моделирования спектров рентгеновского диффузного рассеяния (РДР) по теории Борновского рассеяния искаженных волн на пленочных многослойных системах для дифрактоиетра типа ДРОН, отработка данной методики на модельных несмешиваемых пленочных системах Cr/Sc и Ni/C с целью последующего применения ее для смешиваемых систем.

Образцами служили многослойные пленки Cr/Sc (число периодов N=50), Ni/C (N=10) и Ni/C (N=50), полученные методом магнетронного распыления на постоянном токе. Съемка проводилась на рентгеновском дифрактометре ДРОН3М в излучении Cu-K_α (λ=0.15405 нм). Использовались следующие методы съемки: $\theta/2\theta$-сканирование с фокусировкой по Брэггу-Брентано с выходной щелью 0.25 мм, ω-сканирование с выходной щелью 0.5 мм. Моделирование кривых зеркального отражения и диффузного рассеяния проводилось в программе IMD.

Методика съемки и моделирования спектров рентгеновского диффузного рассеяния (РДР) была успешно адаптирована для дифрактометров типа ДРОН. Было проведено исследование методом РДР модельных несмешиваемых пленочных систем Cr/Sc и Ni/C и определены значения шероховатостей границ раздела и функции плотности спектральной мощности, в рамках данной теории определяемые такими параметрами как вертикальная и латеральная корреляционные длины, шероховатость и зубчатость. В случае Ni/C расчетные кривые не очень хорошо совпали с теорией, что может быть объяснено нарастанием шероховатости σ(C/Ni) по толщине, выявленном при сравнении результатов исследования десятипериодного и пятидесятипериодного образцов, либо возможным наличием межслоевого перемешивания. Значительно лучшим модельным объектом оказалась система Cr/Sc, в которой было обнаружено хорошее совпадение результатов зеркальной и незеркальной съемок.

Был проведен отжиг образцов Ni/C при температуре 300^0C с целью проверки чувствительности используемого метода к происходящим при отжиге

изменениям. По зеркальным съемкам было определено, что период данной многослойной композиции растет при отжиге. Θ/2Θ-сканирование дает мало информации о изменении шероховатости. По результатам диффузных съемок было обнаружено нарастание шероховатости при отжиге

УДК 662.997

КЛИМЕНКО О.И., ВОРОБЬЕВ В.М.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЕЛИОКОНЦЕНТРАТОРА НА ЕГО ФОКУСИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ ОРИЕНТАЦИИ НА СОЛНЦЕ

Сравнивая солнце как источник тепловой энергии с традиционными источниками, можно увидеть, что при одинаковой вырабатываемой мощности, традиционные установки обладают значительно меньшими габаритами по сравнению с установками работающими на альтернативной энергии. Данная закономерность обусловлена низкой плотностью солнечной энергии у поверхности Земли. Повышенная материалоемкость устройств работающих на альтернативных источниках энергии является причиной их высокой цены, что и сдерживает их массовое внедрение в энергетике и выдвигает на первый план поиск путей удешевления их конструкций.

Основными устройствами преобразования солнечной лучистой энергии в тепловую энергию являются солнечные коллектора, которые в свою очередь делятся на плоские и концентрационные, последние обладают лучшей тепловой эффективностью и меньшей материалоемкостью и соответственно себестоимостью. Основным недостатком гелиоконцентрирующих систем является необходимость использования следящей за ориентацией гелиоконцентратора относительно положения солнца, наличие данной системы значительно увеличивает сложность и себестоимость всей конструкции.

С целью удешевления себестоимости гелиоконцентратора, его конструкцию необходимо сделать наиболее простой, а это в первую очередь можно осуществить отказавшись от следящей за солнцем системой, т.е. сделать конструкцию стационарной. Но в этом случае возникает проблема с фокусировкой света на приемнике, поскольку в течении дня солнце меняет свое положение на небосводе.

Целью работы было изучение траектории солнечных лучей отраженных отражателем концентратора в зависимости от геометрической формы поверхности отражателя, угла падения солнечных лучей и поиск такой конструкции приемника, когда его размеры будут минимальными и как следствие, минимальными будут тепловые потери. В результате анализа была получена близкая к оптимальной модель гелиоконцентратора, представляющая

собой конструкцию типа фоклина состоящую из отражателя, форма которого описывается степенной функцией, и приемника в виде плоского коллектора остекленного с двух сторон и расположенного вдоль плоскости симметрии отражателя.

Список литературы: 1. *Захидов Р. А.* Зеркальные системы концентрации лучистой энергии.- Ташкент: Фан, 1986.- 172 с. **2.** *Умаров В.И. , Захидов Р.А.* Распределение лучистого вектора в поле излучения параболоцилиндрического концентратора.- "Гелиотехника", 1976.

УДК: 538.911

КОНОТОП А.П., КОВАЛЕНКО С.И., канд. техн. наук

КЛАСТЕРООБРАЗОВАНИЕ В СВЕРХЗВУКОВЫХ СТРУЯХ CO_2 И CO_2 С Kr

В настоящее время методом получения кластеров, свободных от подложки, является метод конденсации газа в сверхзвуковых струях, истекающих в вакуум. Этим способом получают кластеры как инертных, так и простейших молекулярных газов. Исследуется структура и структурные превращения в таких кластерах, а также их экситонные спектры [1,2]. Важнейшим вопросом при работе со свободными кластерами является изучение механизмов их зарождения и роста. Однако многие детали таких механизмов остаются экспериментально не выясненными.

В данной работе впервые проверена термодинамическая модель, предложенная в [3], дающая количественное содержание кристаллической фазы в сверхзвуковой газовой струе. Для кластеров с малым числом атомов, $\overline{N} \leq 10^5$ частиц/кластер, согласно этой модели , где $n_{кл}$ – число кластеров, $n_{газ}$ – число несконденсировавшихся частиц газа, α – коэффициент пропорциональности. Система CO_2 является удобной для проверки этой модели, поскольку электронография позволяет одновременно и надежно фиксировать отражения как от кристаллической, так и от газовой компонент.

Измерения проводились электронографическим методом. Отношение $\frac{\overline{N} \cdot n_{кл}}{n_{газ}}$ определялось по интенсивностям пиков (200) и (220) с учетом вклада газовой составляющей. Значения $\overline{N}$ определялись по уширению дифракционных максимумов.

Были получены следующие результаты. Для случая чистого CO_2 приведенное выше выражение хорошо работает в области от 250 до $1{,}65*10^4$ частиц/кластер. В случае добавки в CO_2 неконденсирующегося криптона (70%) выражение справедливо, но α увеличивается. При одном и

том же $\overline{N}$ это означает, что в смеси за счет гетерогенной нуклеации увеличивается количество центров конденсации и, как следствие, $n_{кл}$.

Список литературы: 1. *А.Г. Данильченко, С.И. Коваленко, В.Н. Самоваров,* ФНТ, **34**, 1220 (2008). **2.** *O.G. Danylchenko, Yu.S. Doronin, S.I. Kovalenko, M.Yu. Libin, V.N. Samovarov, and V.L. Vakula,* Phys.Rew. A **76**, 043202 (2007). **3.** *V.P. Krainov, M.B. Smirnov,* Phys.Rep **370**, №3 (2002).

УДК 539.9

КРЯЧКО С.В., МАЛИХІН С.В., докт. фіз.-мат. наук

РЕНТГЕНОГРАФІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СУБСТРУКТУРИ $Ti_{41,5}Zr_{41,5}Ni_{17}$ КВАЗІКРИСТАЛІВ, КОТРІ ОТРИМАНІ СОЛІДІФІКАЦІЄЮ З РОЗПЛАВУ

Квазікристали – це клас тіл у твердому стані, для котрих характерний далекий порядок у розташуванні атомів при відсутності трансляційної симетрії [1]. Внаслідок останнього факту квазікристали розглядають як перспективний матеріал, що може використовуватися в умовах дії підвищеної радіації: околоземний космічний простір, в реакторах та інше. Вивчення дії опромінення на квазикристали має важливий науковий та практичний інтерес, але це питання на цей час ще недостатньо вивчено. Метою цієї роботи було вивчення дії тривалого опромінення квантами вакуумного ультрафіолету на структуру $Ti_{41,5}Zr_{41,5}Ni_{17}$ квазикристалів.

Зразками були стрічки товщиною 20...80 мкм, отримані методом солідифікації з розплаву з суміші надчистих елементів. Стрічки містили у вихідному стані лише квазікристалічну ікосаедричну фазу. Опромінення відбувалося потоками (до 10^{21} $см^{-2}с^{-1}$) квантів вакуумного ультрафіолету з довжиною хвиль $\lambda \geq 120$ нм. Структурні дослідження виконували методом рентгенівської дифрактометрії.

В результаті роботи встановлено, що при тривалому (до 60 годин) опроміненні методом рентгеноструктурного аналізу не виявлено будь яких фазових змін у досліджених зразках. Встановлено лише, що відбувається зміна положення дифракційних максимумів, їх півширини та інтенсивності. Опромінення призводить до монотонного затухаючого зсуву відбиттів на менші кути дифракції, що відповідає зростанню параметру квазикристалічності від 0,52050 до 0,52095 нм (див. рис.1).

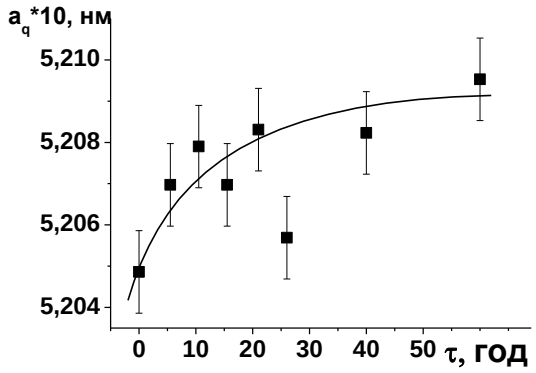


Рис.1 - Залежність параметру квазикристалічності від тривалості опромінення

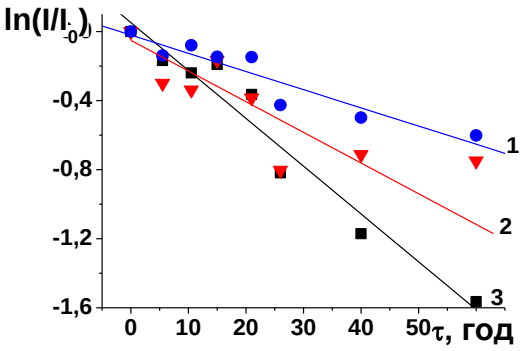


Рис.2 – Залежність логарифму відносної інтенсивності для відбиттів (18,29) – 1, (28,44) – 2, (72,116) – 3 від тривалості ВУФ-опромінення

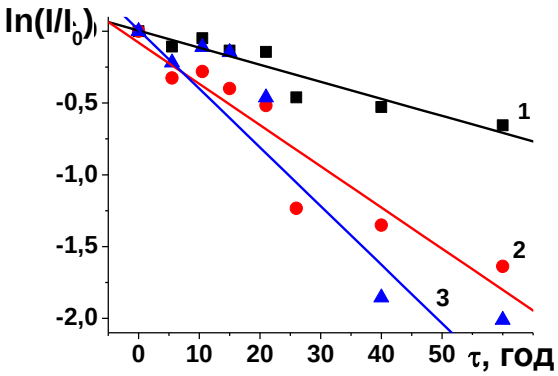


Рис.3 – Зміна логарифму відносної інтенсивності для відбиттів (20,32) - 1, (52,84) – 2, (136, 220) – 3 із збільшенням тривалості ВУФ-опромінення

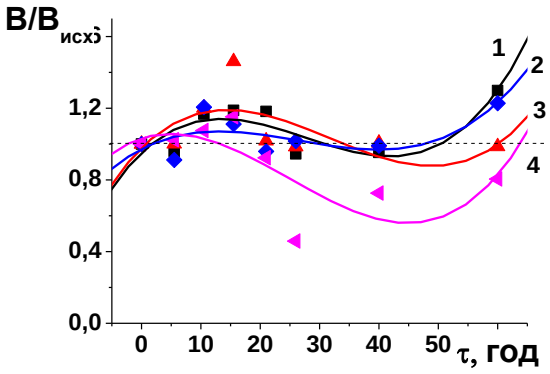


Рис .4 – Зміна відносної ширини для відбиттів (18,29) - 1, (52,84) – 2, (20,32) – 3, (136,220) - 4

Такий хід зазвичай характерний для стимульованих радіаційних процесів. Одночасно з цим спостерігається зменшення відносної інтегральної інтенсивності I/I_0 відбиттів від 1 до майже 0,1 (див. рис. 2-3), а ширина дифракційних максимумів змінюється немонотонно (див. рис. 4). Виявлена закономірність є характерною для всіх відбиттів, як для тих, що розташовуються вздовж осі другого, так і п'ятого порядку, але для останнього ефект дещо більший. Така поведінка графіків свідчить, що зміни структури та субструктури, що спостерігаються, є залежними як від довжині дифракційного вектору Q_{II} (фізичного простору), так і дифракційного вектору перпендикулярного простору $Q_{\perp}$. Ґрунтуючись на даних літературних джерел [1 – 3] висувається припущення, що зміна інтегральної інтенсивності та ширини відбиттів при

опроміненні зразків пов’язана з накопиченням та перетворенням дефектів структури фазонного та дислокаційного типів.

Список літератури: 1. *Stadnik Z. M.* Physical Propeties of Quasicrystals.- Berlin: Springer.- 1999. - 438 p. **2**. *Гуткин М.Ю., Овидько И.А*. Дефекты и механизмы пластичности в наноструктурных и некристаллических материалах.- М.: Янус. - 2001. **3.** *Letoublon A., Yakhou F., Livet F*. Coherent X-ray diffraction and phason fluctuations in quasicrystals // Europhys. Lett.-2001.-V.54. - №6. - P.753-759.

УДК 621.56

ЛЕСНИЧАЯ Т.Л., ВОРОБЬЕВ В.М.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЫТОВЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СТОКОВ В СОЧЕТАНИИ С ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКОЙ

На сегодняшний день усиленно развиваются все новые технологии в сфере теплоснабжения, которые успешно внедряются в проекты по энергосбережению. Их цель снизить затраты на энергоносители и повысить эффективность работы. Данная цель может быть достигнута с помощью теплонасосных установок, которые в настоящее время находят все более широкое применение в различных отраслях хозяйства, и особенно в системах теплоснабжения и ГВС. ТНУ позволяют использовать тепло низкопотенциальных источников за счет технической реализации обратного циклического процесса Ренкина, в котором низкопотенциальное тепло идет на испарение низкокипящего теплоносителя в специальном теплообменнике – испарителе. Затем полученный пар смешивается в компрессоре, с одновременным повышением температуры. Сжатый нагретый теплоноситель отдает свое тепло потребителю в теплообменнике – конденсаторе, а затем дросилируется до давления испарителя. Для условий Харьковского региона гарантированным источником низкопотенциального тепла может быть только грунт. Вместе с тем, для крупных жилищных массивов его теплопередающие способности являются не достаточными для функционирования системы отопления. Поэтому, ТНУ для этих условий могут работать только в бивалентном режиме, когда наряду с ТНУ функционирует другой источник тепловой энергии (например, котел). Реализация моновалентного режима технически выполнима для систем ГВС с ТНУ. В этом случае тепло сбрасываемой использованной горячей воды идет на нагрев подаваемой потребителю воды. Как показывает энергетический анализ, предлогаемый принцип получения горячей воды является целесообразным, легко – выполнимым и нетребующим значительных капитальных затрат, при этом эффект может быть усилен при условии разделения канализационных стоков. Контур циркуляции для испарения включает в себя водосборную емкость – теплообменник, в которой промежуточный теплоно-

ситель нагревается от стоков в выпаривающем змеевике, расположенном ниже уровня перелива. В качестве промежуточного теплоносителя для этих условий может быть использована химочищенная вода. Циркуляция обеспечивается насосным оборудованием. Для стабилизации температуры стоков в, разное время года, в водосборной емкости предлагается комбинированный отвод стоков, когда холодные и теплые стоки могут при необходимости сбрасываться одновременно в емкость или в емкость могут сбрасываться только теплые стоки.

Список использованной литературы: 1. *Antonio Briganti.* Тепловые насосы в жилых помещениях.// АВОК, 2001, №№ 5,6. **2.** *Жидович И.С., Трутаев В.И.* Системный подход к оценке эффективности тепловых насосов. // Новости теплоснабжения, 2001, №11. **3.** Инструкция по проектированию системы тепловых насосов. // Viessmann Werke GmbH &Co, 2000

УДК 699.86

ЛОНСКИЙ С.С.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ ПРИ УТЕПЛЕННІ СТІН

При дослідженні цього питання, було поставлено за мету визначення порядку чергування огороджувальних шарів стіни (несуча стіна та тепло ізолююча частина), що забезпечить найменші темп та швидкість її охолодження, з метою вибору оптимальних варіантів енергозберігаючих рішень по утепленню житлових приміщень старої забудови постійного та періодичного опалення.

У роботі проведено розрахунок розподілу температури по шарах для різних конструкцій утеплених стін (рис. а)зсередини, б)ззовні, в)двостороннє утеплення), визначено кількість теплоти, що треба витратити на кожен квадратний метр поверхні стіни аби температура у приміщенні стала комфортною, розраховано термін остигання стіни при вимкненні опалення від температури повітря приміщення +23°С до точки роси. Проведено аналіз окупності утепленої стіни.

Проведені розрахунки дозволили зробити висновки про те за яких умов варто використовувати різні види утеплення. З трьох розглянутих типів огороджувальних конструкцій найкращу акумулюючу здатність для накопичення корисної теплоти має модель утеплена ззовні.

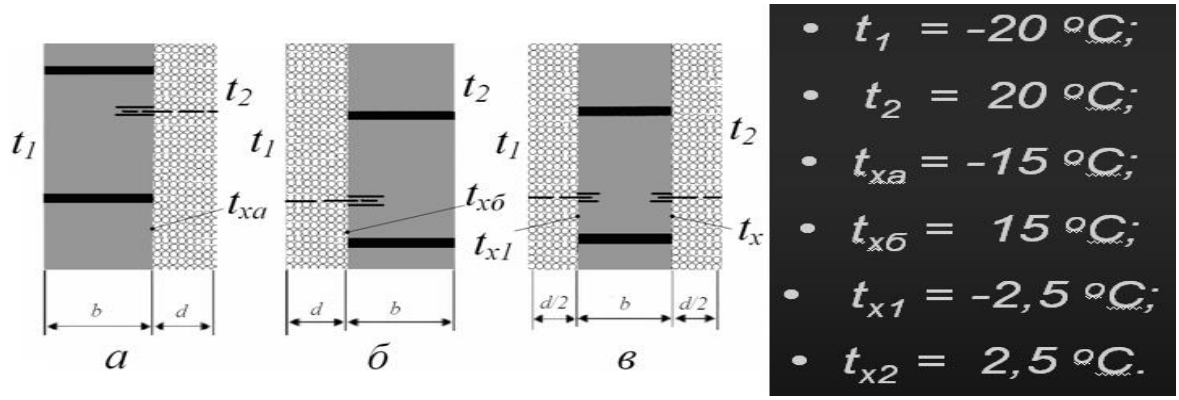


Рисунок. Розподіл температури у стіні по шарах
b - товщина цегли; d - товщина ізоляції

Зроблено висновки, що утеплення зсередини найбільш придатне для нежилих будівель та тих, які відвідуються не часто. Дві інші моделі добре підходять для будівель з постійним проживанням людей, вони, до того ж, дають додаткову можливість енергозбереження за рахунок створення періодичного режиму опалення.

Проведено аналіз вартості сучасних теплоізоляційних матеріалів та розрахунок терміну окупності розглянутих моделей огороджувальних конструкцій. Згідно розрахунків при витраті 187,5 грн./м^2 на улаштування теплоізоляції, утеплена конструкція повністю окупиться не пізніше ніж за дев’ять років. Враховуючи, що термін служби такої конструкції 15 – 30 років, можна впевнено сказати, що вона виправдовує вкладені в неї кошти.

МАНДРЫКА К.С., ***ШКАЛЕТО В.И.,*** ст. научн. сотр.,
КОПАЧ Г.И., доц.

АБСОЛЮТНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ АЛЮМИНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Одним из важнейших методов неразрушающего определения ряда физических параметров материалов является проведение оптических исследований. Решение обратной задачи оптики тонких пленок предполагает определение комплексного показателя преломления (КПП) и толщины пленки по результатам оптических измерений коэффициентов отражения и прозрачности. В большинстве случаев достаточно проводить относительные измерения коэффициента отражения, где при обработке результатов измерений используется коэффициент отражения эталона (алюминиевой пленки на ситалловой подложке). Эталон должен обладать или известным коэффициентом отражения при заданном угле падения, или известными оптическими постоянными, с помощью которых можно рассчитать коэффициент отражения.

Данная работа обусловлена необходимостью экспериментального опре-

деления комплексного показателя преломления (КПП) эталона путем решения обратной задачи оптики. Целью работы является разработка методики и проведение абсолютных измерений коэффициента отражения эталона, а также определение его комплексного показателя преломления.

Оптическая схема приставки к спектрофотометру СФ-46 для измерения коэффициента отражения приведена на рисунке.

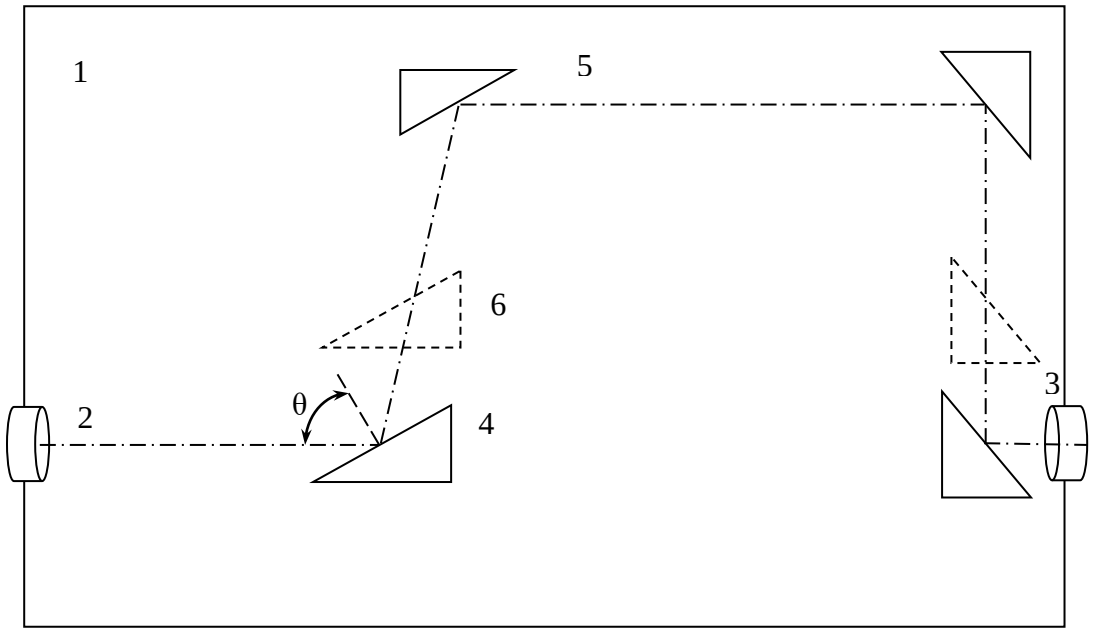


Рисунок 1 – Оптическая схема приставки для измерения коэффициента отражения.
1 – Кюветное отделение спектрофотометра СФ-46; 2, 3 – входное и выходное окна кюветного отделения; 4 – зеркало – эталон; 5 – поворотная зеркал; 6 – положение зеркал при измерениях относительно первичного светового пучка; θ – угол падения света на эталон.

Эталон и поворотная система зеркал для оптических измерений изготавливалась методом термической конденсации в вакууме алюминия чистотой 99,99% на ситалловую подложку в одном цикле. Осаждение проводилось при комнатной температуре с максимально возможной скоростью конденсации.

Измерение спектральных зависимостей коэффициента отражения эталона при двух различных углах падения θ (30˚ и 60˚) производились относительно первичного светового пучка с помощью спектрофотометра СФ-46 сопряженного с ЭВМ [1].

Все плоские зеркала приставки, для измерения коэффициента отражения, были получены в едином технологическом режиме. Подложки находились на одинаковом расстоянии от испарителя. Поэтому предполагалось, что физические и в частности оптические свойства зеркал (пленок алюминия) практически одинаковы.

При обработке результатов проведенных измерений предполагалось, что измеренный коэффициент отражения от эталона и поворотной системы зеркал можно представить в виде произведения коэффициентов отражения от

каждой зеркальной поверхности:

$$R = R_{\theta} \cdot R_{\acute{n}} \cdot R_{45^o}^2, \qquad (1)$$

где R_θ – коэффициент отражения от эталона при угле падения света θ; $R_{\acute{n}} \cdot R_{45^o}^2$ – коэффициент отражения от поворотной системы зеркал.

Для определения КПП эталона при двух различных углах падения светового пучка на образец и эталон (θ – 30° и 60°) использовалось соотношение (1). При этом решалась нелинейная система уравнений с помощью программы, написанной на языке Visual Basic. В результате работы программы был получен комплексный показатель преломления алюминиевых пленок, которые можно использовать в качестве эталона при проведении измерений коэффициента отражения относительным методом.

Численное моделирование коэффициента отражения эталона, по показателю преломления при двух различных углов падения света на образец, выполнено с помощью программы MathCAD.

Список литературы: 1. *Карасьов С.М.* Дослідження впливу знака поверхневого заряду сегнетоелектричних підкладок на оптичні та електрофізичні властивості тонких плівок CdTe: Звіт про дипломну роботу магістра / Керівник – В.І. Шкалето, кафедра ФМЕГ. – Харків: НТУ «ХПІ», 2004.

МАЦАКОВА І.В., ***КУХАРЕНКО В.М.***, канд. техн. наук, проф.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН В СИСТЕМАХ СОЛНЕЧНОГО ХЛАДОСНАБЖЕНИЯ

В настоящее время существующие подходы к охлаждению не всегда однозначны, а применение традиционных систем охлаждения не всегда позитивно. Это связано, в первую очередь, с разрушением озонового слоя и глобальным потеплением. Проблема энергосбережения становится все актуальнее. Один из массовых потребителей холода – бытовая холодильная техника – поглощает свыше 20 % всей производимой в мире энергии. Для снижения теплового загрязнения и уменьшения энергорасхода необходим поиск систем получения холода с использованием более экологически чистых видов энергии. Поэтому целесообразно с экономической точки зрения использовать неисчерпаемый источник солнечной энергии, не загрязняющей окружающую среду. Особенно перспективным решением перечисленных проблем представляется применение абсорбционных холодильных машин (АХМ), к которым проявляется повышенный интерес, что объясняется выгодными отличиями данного способа охлаждения от традиционных. Холодильник может использовать бросовое или низкопотенциальное тепло, в том числе и энергию Солнца (применение солнечных коллекторов).

Анализ различных видов систем солнечного хладоснабжения, включающих пароэжекторные холодильные машины (ПХМ), водоаммиачные и бромисто-литиевые АХМ и альтернативные системы кондиционирования воздуха (АСКВ), основанные на испарительном охлаждении, показал:

1) при температурных режимах, обеспечивающих эффективную работу системы солнечного хладоснабжения, ПХМ, работающие по теоретическому и действительному циклам (рабочее вещество – вода), могут обеспечить тепловой коэффициент 0,543 (для теоретического цикла) и 0,252 (для реального цикла). Можно сделать вывод, что применение ПХМ в данных системах возможно, но из-за значительных потерь в эжекторе недостаточно эффективно;

2) двухступенчатая водоаммиачная АХМ может обеспечить достаточно высокий тепловой коэффициент (0,5). Важным является выбор таких основных показателей, как давления кипения и конденсации, а так же промежуточное давление. К тому же эта система рассчитана на более низкие температурные режимы, чем ПХМ и бромисто-литиевые холодильные машины;

3) бромисто-литиевая АХМ при температурных режимах, обеспечивающих работоспособность системы, дает самый высокий тепловой коэффициент (0,9). Это можно объяснить тем, что этот температурный уровень наиболее благоприятен для работоспособности машин этого типа;

4) тепловой коэффициент испарительной АСКВ уступает показателям предыдущих машин (0,2). В качестве положительных характеристик этой системы можно назвать так же простоту конструкции, отсутствие вакуума в аппаратах системы, что упрощает (не нужно герметизировать) и облегчает систему, а так же экологическую чистоту и экономию электроэнергии.

ОВЕРКО А.Ю., ***ОСЕЦЬКИЙ О.І.,*** канд. техн. наук, проф.

ОСОБЛИВОСТІ КРИСТАЛІЗАЦІЇ КРІОПРОТЕКТОРНИХ РОЗЧИНІВ НА ОСНОВІ ДМСО

Проблеми кріобіології мають велике теоретичне значення, тому що пов'язані із з'ясуванням нижніх температурних меж життя, механізмів адаптації в природних умовах до холоду, сутності анабіозу. Близько п'ятдесяти років тому кріобіологія як наука почала активно розвиватися з застосуванням так званих кріопротекторів при низькотемпературному консервуванні біологічних об'єктів. Речовини, здатні запобігати розвитку пошкоджень біологічних об'єктів при їх заморожування і наступному відігріванні, називають кріопротектор. Кріопротектор обов'язково використовується при кріоконсервації клітин і тканин. Кращим на сьогоднішній день з кріопротекторів є диметилсульфоксид (ДМСО). Про успішне застосування ДМСО як кріопротектора для заморожування біологічних матеріалів вперше було повідомлено в 1959 році.

Метод дослідження структурного стану речовини, заснований на вивченні зміни об´ємів зразків називається дилатометрічним.

В даний час дилатометрія широко використовується в експериментальній практиці для вивчення впливу температури, зовнішніх напруг, різного роду випромінювання на швидкість протікання в зразках різних процесів. Структурні зміни, що відбуваються у зразку, призводять до його деформації. За величиною швидкості і характеру зміни цієї деформації і судять про кінетику протікання того чи іншого процесу.

Методом об'ємної скануючої тензодилатометрії вивчена кінетика кристалізації та плавлення водних розчинів кріопротекторів на основі ДМСО. Даний метод вперше використаний для дослідження кріопротекторних розчинів в діапазоні температур від 25˚С до -150˚С. Виявлені ефекти низькотемпературної кристалізації в розчинах не тільки при малих концентраціях кріопротекторів, але і в інтервалі концентрацій 75-100%. Основна перевага розробленого методу перед методом диференціальної скануючої колориметрії засноване на тому, що при кристалізації об'єм води збільшується на 8,3%, а об’єм усіх використовуваних кріопротекторних речовин зменшується на 1,5-5%, залежно від виду речовини. У той же час, теплові ефекти при кристалізації і плавленні води мають один знак, що ускладнює трактування експериментальних результатів, отриманих при дослідженні складних кріопротекторних водних розчинів. В результаті проведених досліджень виявлені ефекти докристаллізаціі не тільки при малих концентраціях. В цілому, отримані результати дозволяють побудувати повну діаграму стану кріопротекторних розчинів на основі ДМСО і сформувати принцип їх кластерної кристалізації, що надзвичайно важливо для різних теоретичних та експериментальних аспектів сучасної кріобіології.

ОВЕРКО О.М., ***РУДЕНКО М.З.,*** канд. техн. наук,
ОВЕРКО М.Є., ст. викл.

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ВИМІРЮВАЧА РІВНЯ РІДИНИ

Проведення експериментального дослідження або здійснення технологічного процесу, що протікає при низьких температурах, практично неможливо без контролю і регулювання основних параметрів процесу. До них, на ряду з тиском, температурою, витратою та інших параметрів, відноситься рівень або маса рідкого кріопродукта, що знаходиться в кріостат, ємності або апаратах повітря - або газорозподільних установок.

Рівнем називають висоту заповнення технологічного апарату робочим середовищем - рідиною або сипучим тілом. Рівень робочого середовища є технологічним параметром, інформація про який необхідна для контролю режиму роботи технологічного апарату, а в ряді випадків для управління виробничим процесом.

Шляхом вимірювання рівня можна отримувати інформацію про масу рідини в резервуарах. Подібна інформація широко використовується для про-

ведення товарообліkових операцій для управління виробничим процесом. Рівень вимірюють в одиницях довжини. Засоби для вимірювання рівня називають рівнеміра.

Для виготовлення був обраний один з типів сигналізаторів рівня рідини - термочутливий, він грунтується на одній ідеї, а саме на різної інтенсивності тепловіддачі в рідині і газі, можна виділити два види: 1) Сигналізатори використовують балон з газом, тиск в ньому впливає на механічну частину , яка замикаючи або розмикаючи контакти сигналізує про зміни рівня. І другий вид, це терморезистівні сигналізатори. Діють за тим же принципом, тільки тут в якості датчика використовується терморезистор. Саме такий тип сигналізатора і був обраний для виконання курсової роботи. Схема приладу складається з наступних частин: Джерела харчування, на трансформаторі T1, випрямлячі VD1, конденсаторі і інтегральному стабілізаторі напруги DA1. Далі йдуть дві стабілізатора струму, окремо для кожного з двох датчиків. А також вимірювальна частина виконана на двох цифрових мікросхемах DD1, DD2. Кожна мікросхема складається з 4 елементів 2I-HE. При цьому на елементах DD1.1, DD1.3 зібрано пороговий пристрій, що вимірює рівень напруги на датчику. Інші елементи виконують роль дешифратор, які перетворять логічні рівні відповідні трьома рівнями рідини - 00, 01, 11. Про знаходження рідини на одному з рівнів сигналізують світлодіоди що знаходяться на передній панелі приладу.

Були проведені випробування даного сигналізатора що показали його працездатність при різних умовах.

УДК 539.23: 539.26: 538.9: 537.22

ОЛЕЙНИК Е.Е.**, *СТАРИКОВ В.В.*****,** канд. физ.-мат. наук, доц.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА ЗЕРНА НА ИНЕРТНОСТЬ ТИТАНОВЫХ МЕДИЦИНСКИХ ИМПЛАНТАТОВ

В настоящее время основным материалом для изготовления медицинских имплантатов является титан. Однако в последнее время этот материал перестает в полной мере устраивать хирургов из-за недостаточной инертности при длительном пребывании в организме. В качестве альтернативы сейчас предлагаются либо другие, более пассивные материалы, либо технологии, позволяющие существенно повысить пассивность титана.

В качестве объектов исследования использовались образцы титановой фольги с различным размером зерен. Исследовались образцы, как с естественной оксидной пленкой, так и после анодного окисления, когда на поверхности титановых образцов формировалось аморфное оксидное покрытие, соответствующее по составу оксиду титана TiO_2

Для оценки способности поверхности титана с разным размером зерен к окислению определялась постоянная анодирования для всех исследуемых образцов. Значения указанной постоянной, рассчитанные из эксперимента, оказались близкими к значению постоянной анодирования для необработанного массивного титана. Следовательно, морфология подложки не сказывается существенным образом на процесс ее анодного окисления. Процесс роста оксида заканчивается вольтстатической стадией, на которой происходит выравнивание химического состава оксида по толщине и приближение этого состава к стехиометрическому.

Установлено, что проводимость оксида увеличивается с ростом зерна титановой подложки, что объясняется ростом концентрации примесей в границах зерен при их росте на 3-5 порядков. Окисление металла в области границ приводило к формированию дефектной оксидной пленки, что повышало ее проводимость.

Для всех полученных образцов снимались зависимости электродных потенциалов от времени для сравнительного анализа электрохимической активности исследуемых материалов. Повышению активности материала соответствует уменьшение электродного потенциала.

Металлические образцы до окисления имели различные значения электродных потенциалов, причем с ростом величины зерна активность материала уменьшалась. После анодного окисления титана и формирования аморфных оксидных пленок толщиной d = 700 Å электродные потенциалы на всех образцах выровнялись и составляли величину от 50 - 100 мВ, т.е. размер зерна подложек не оказывал существенного влияния на свойства оксидной пленки на поверхности титана и определял близкую активность всех двухслойных образцов.

УДК 621.38; 539.21; 537.322

ОЛЬХОВСКАЯ С.И.**, *РОГАЧЕВА Е.И.*,** докт. физ.-мат. наук,
ВОДОРЕЗ О.С.

КВАНТОВЫЙ РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ ТЕЛЛУРИДА СВИНЦА *p*-ТИПА

Полупроводниковые соединения типа $A^{IV}B^{VI}$ широко используются в термоэлектричестве и других различных областях науки и техники [1]. Сегодня интерес к таким материалам возрос вследствие обнаружения значительного увеличения термоэлектрической (ТЕ) эффективности в сверхрешетках на основе $A^{IV}B^{VI}$, предсказанного ранее теоретически [2].

При исследовании и использовании тонких пленок необходимо принимать во внимание такое явление, как размерное квантование энергетического спектра, которое может оказывать значительное влияние на ТЕ свойства. Ра-

нее [3] для тонких пленок *n*-PbTe наблюдались квантовые осцилляции на зависимостях ТЕ свойств от толщины пленок *d*.

В данной работе представлены результаты исследования зависимостей ТЕ свойств от толщины пленок PbTe с дырочным типом проводимости. Пленки *p*-PbTe с *d* = 10-200 нм получали методом термического испарения кристаллов *p*-PbTe, легированных натрием, с последующим осаждением на подложки из слюды. Для предотвращения окисления пленки покрывали слоем Al_2O_3.

В результате проведенных исследований были получены зависимости коэффициента Зеебека, коэффициента Холла, электропроводности, подвижности носителей заряда и коэффициента ТЕ мощности от *d* при комнатной температуре. На полученных толщинных зависимостях наблюдались четко выраженные осцилляции. Было проведено сравнение теоретически рассчитанных и экспериментально определенных значений периода осцилляций. В результате было получено, что экспериментальные значения периода осцилляций находятся в хорошем согласии с теоретически рассчитанными значениями. Результаты исследований свидетельствуют о том, что квантование энергетического спектра в тонких пленках $A^{IV}B^{VI}$ имеет место не только для электронного газа, но и для дырочного.

Список литературы: 1. *Равич Ю.И., Ефимова Б.А., Смирнов И.А.* Методы исследования полупроводников в применении к халькогенидам свинца PbTe, PbSe и PbS. – М.: Наука, 1968. **2.** *Dresselhaus M.S., Dresselhaus G., Zhang Z. et.al.* Low-dimensional thermoelectric materials // Physics of the solid state. – 1999. – V. 41 (№5). – P. 679-682. **3.** *Rogacheva E.I., Tavrina T.V., Nashchekina O.N.,.Grigorov S.N, Nasedkin K.A., Dresselhaus M.S., Cronin S. B.* Quantum size effects in PbSe quantum wells// Applied Physics Letters. V.80, N 15, 2690-2693, 2002**.**

УДК 621.039.624

***ОЛЬХОВСКАЯ Т.И.*, *СВИЧКАРЬ А.С.*,**
ЮФЕРОВ В.Б., докт. техн. наук

ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКА ИОНОВ ДЛЯ КАЛИБРОВКИ МАСС-АНАЛИЗАТОРА

При проведении работ на сепараторе ДИС-1 [1] необходим анализ состава ионной компоненты плазмы. Для этого выбран статический масс-спектрометр с однородным магнитным полем. В таком спектрометре используется электромагнитный метод разделения частиц [2], основанный на законах движения заряженных частиц в магнитном и электрическом поле [3].

Для калибровки масс-анализатора необходимо создать пучок ионов с заранее известными массой и зарядом. Создание и формирование ионного пучка происходит в ионном источнике. Цель работы – исследование вольтамперных характеристик данного ионного источника.

В качестве источника ионов выбран источник с накаливаемым катодом и продольным магнитным полем. Источники такого типа достаточно просты в эксплуатации и позволяют работать с газами. Зная природу газа, ионизируемого в ионном источнике, величины магнитных полей и ускоряющих напряжений, мы получаем возможность откалибровать масс-анализатор. Схематический вид источника ионов представлен на рис. 1, где 1 – катод, 2 – цилиндрический анод, 3 – отражатель электронов (антикатод), 4 – вытягивающий электрод, 5 – соленоид, создающий в источнике магнитное поле, 6 – ферромагнитная вставка для коррекции распределения магнитного поля.

При всех проведенных измерениях в качестве нейтрального газа использовался азот. Измерения проводились при токах накала катода от 3,5 А до 5 А, разрядном напряжении – 0-250 В, вакууме – $5 \cdot 10^{-5}$ -$1 \cdot 10^{-3}$ Торр, магнитном поле – 0-238 Э (18944,8 А/м).

На рис. 2 приведена эмиссионная способность катода, изготовленного из вольфрамовой проволоки диаметром 0,2 мм. При повышении разрядного напряжения эмиссионный ток с катода на анод растет, и, начиная с определенной величины напряжения, достигает насыщения. Наибольший ток эмиссии наблюдается при токе накала 5 А, но для стабильной и долговременной работы установки такой режим не подходит, так как при таком значении тока сокращается срок службы катода. Наиболее оптимальным является ток накала катода 4,5 А.

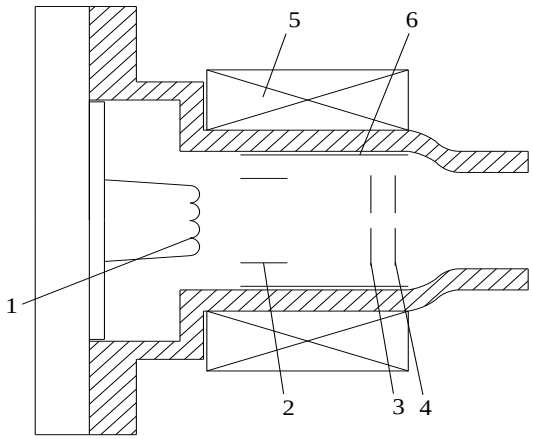


Рис. 1. Общий вид ионного источника

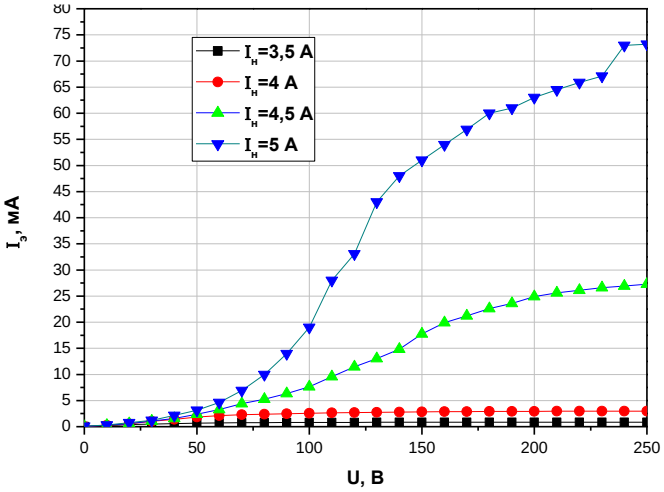


Рис. 2. Зависимость эмиссионного тока от разрядного напряжения

Разрядный ток и разрядное напряжение в зависимости от величины давления в камере ионного источника представлены на рис. 3. При увеличении давления величина разрядного тока резко падает, а напряжение на разрядном промежутке растет.

На рис. 4 приведена вольтамперная характеристика разрядного промежутка при различных давлениях. При вакууме выше $7 \cdot 10^{-5}$ Торр плазма не образуется. Исходя из того, что ионный источник анализатора работает

устойчиво и стабильно при давлении 10^{-3}-10^{-4} Торр, а для масс-анализатора давление должно быть меньше 10^{-4} Торр, в качестве рабочего было выбрано давление $1 \cdot 10^{-4}$ Торр.

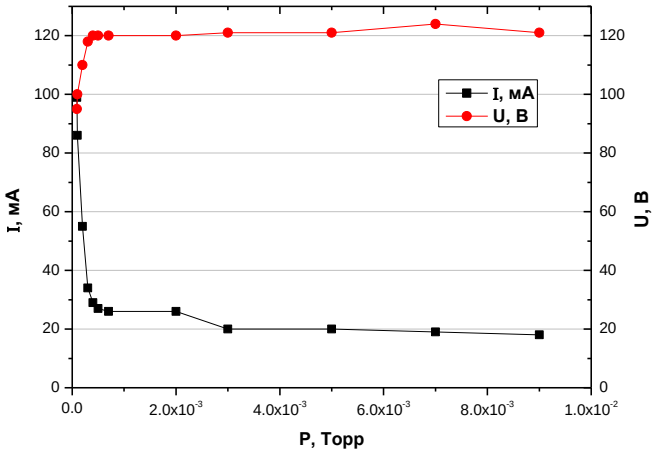


Рис. 3. Зависимость разрядного тока и напряжения от давления

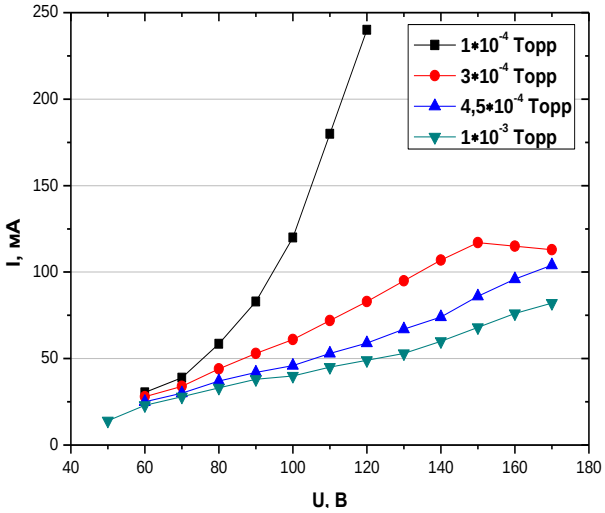


Рис. 4. Вольтамперная характеристика разрядного промежутка при различных давлениях

Источник устойчиво работает при напряжениях на разрядном промежутке 50-120 В. При напряжениях выше 120 В создаваемая плазма является нестабильной, возникают пробои. При напряжениях ниже 50 В разряда в системе нет и плазма не образуется. Для эффективной работы источника целесообразно использовать напряжение 80-120 В, в этом диапазоне напряжений источник работает стабильно и устойчиво.

Список литературы: 1. *Yegorov A.M., Yuferov V .B., Shariy S.V., Seroshtanov V.A., Druy O.S.* «Preliminary study of the demo plasma separator» ВАНТ №1(59) 2009г. Серия: «Физика плазмы» С. 122-124. **2.** Изотопы: свойства, получение, применение. В 2 т. Т.1/ Под ред. *В.Ю.Баранова*.–М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 600 с. **3.** *Арцимович Л.А., Лукьянов С.Ю.* Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. М.: Изд-во "Наука", 1972. – 224 с.

УДК 620.25

***ПСАРУК И.А.*, *ТАБАЧНИКОВА Е.Д.*,** канд. физ.-мат. наук

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СПЛАВА Pd – Au

Проведено исследование низкотемпературных механических свойств нанокристаллического сплава Pd-Au со средним размером зерен 10 ÷ 30 нм, полученных методом конденсации в инертном газе.

Исследуемые образцы, имеющие форму прямоугольных призм с размерами 1,8 ×1,2 × 1,2 мм и 1,6 ×1,5 × 1,5 мм, деформировались путем одноосного сжатия на жесткой деформационной машине с постоянной скоростью относительной деформации $\approx 1{,}1 \cdot 10^{-4}$ $с^{-1}$ при температурах 300 К, 170 К, 77 К и 4,2 К. Из полученных кривых «напряжение – пластическая деформация σ(ε)» определяли условный предел текучести $\sigma_{0,2}$, максимально достигнутое напряжение σ_{max} и деформацию ε_f.

Показано, что при понижении температуры от 300 К до 4,2 К предел текучести в исследуемых образцах повышается, причем форма образца не влияла на значения предела текучести. Так, условный предел текучести $\sigma_{0,2}$ при температурах 300, 77 и 4,2 К составляет 1,37, 2,10 и 2,18 ГПа соответственно (см. рис.1). Обнаружено уменьшение коэффициента упрочнения на кривой σ(ε) с понижением температуры от 300 К до 77 К.

Установлено, что с понижением температуры пластическая деформация ε_f. образцов уменьшается от 20 % при 300 К до 6 % при 77 К и 1% при 4,2 К (см. рис.2). При температуре 4,2 К макроскопической пластической деформации не наблюдалось и образцы разрушались на множество мелких частиц.

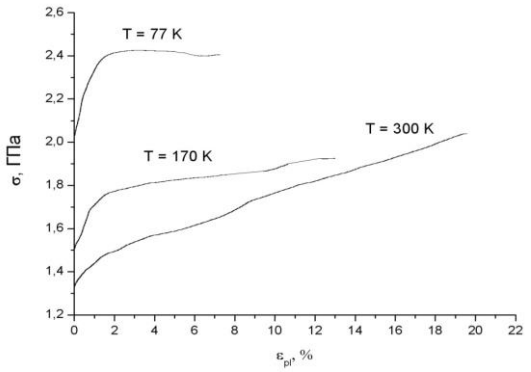


Рис. 1. Типичные зависимости для образцов нанокристаллического сплава Pd-Au при температуре 300, 170 и 77 К

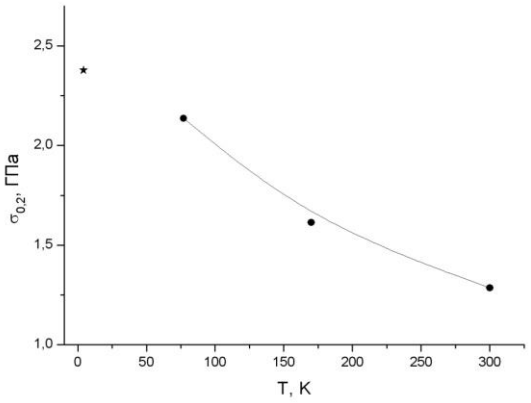


Рис.2. Температурная зависимость предела текучести.

<u>РЕБРОВ О.В.</u>, ЛУБ'ЯНИЙ Л.З., канд. техн. наук, проф.

ЦИФРОВИЙ МАГНІТНИЙ КОЕРЦИТИМЕТР ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕТЕЛЬ ГІСТЕРЕЗИСУ ФЕРОМАГНІТНИХ ПЛІВОК

На сьогоднішній день комп'ютери відіграють величезну роль у житті суспільства та значно полегшують життя. Але у багатьох навчальних закладах вони й досі не використовуються на повну потужність. У школах та інституту-

тах використовується старе, ще з часів СРСР обладнання, застосовуються старі методи обробки інформації.

У зв'язку з цим було вирішено повністю переробити на сучасний лад одну з лабораторних робіт з визначення параметрів петель гістерезису індукційним методом використовуючи комп'ютер та пакет програм LabView. Зі старого обладнання залишилися лише набір котушок у якому розміщується зразок та генератор з підсилювачем (які загалом теж можуть симулюватися на комп'ютері). Всі вимірювання та обробка результатів здійснювалися програмно.

Програма у LabView представляє собою повний аналог старої установки з деякими доробками. Сигнал з вимірювальних котушок подається на вхід звукової плати, зчитується звідти програмою. Далі будуються диференційна петля гістерезису, сигнал інтегрується, будується інтегральна петля гістерезису. Графіки виводяться на екран у реальному часі, або можуть бути записані у файл.

Однією з найбільших проблем при створенні програми була боротьба з поміхами, які виникають через слабке екранування елементів звукової плати, а також нелінійна амплітудо-частотна характеристика плати. Для запобігання цього кожна наступна петля порівнювалася з рядом попередніх, а найбільш точні результати записувалися у зовнішній файл, з якого їх можна було продивитися.

Похибка вимірювання установки складається з похибки від власних шумів установки та наводок у з'єднувальних дротах та похибки аналого-цифрового перетворення. Загальна похибка вимірювання склала близько 0,6-1%.

Для перевірки працездатності установки та програми були виміряні коерцитивні сили для 12 аморфних феромагнітних стрічок та порівняні з результатами для тих самих зразків, отриманими на аналоговій установці у МІІС. Результати відрізнялися на величину не перевищуючу похибку вимірювань.

Таким чином розроблені методика та програмна база дозволяють проводити вимірювання на будь-якій індукційній установці, з тією лиш поправкою, що для кожної конкретної звукової плати необхідно проводити калібрування програми. Також за допомогою програми можна проводити вимірювання зразків тільки з відносно великими значеннями коерцитивної сили, т.я. при малих її значеннях за рахунок малої частоти дискретизації на інтегральній петлі з'являються викривлення, що заважають знаходженню численного значення коерцитивної сили.

УДК 621.3

РУДЕНКО С.С., ПЕТКОВ А.А., канд. техн. наук

ЕЛЕКТРОТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК РЕЗИСТОРА ПРИ ПРОТІКАННІ ІМПУЛЬСНИХ СТРУМІВ РОЗРЯДУ ЄНЕ

В роботі були проведені дослідження по експериментальному підтвердженню можливості застосування теплофізичних характеристик об'ємних резисторів ТВО–60, отриманих у режимі стаціонарного нагріву [1], для проведення електротеплового розрахунку резисторів, при протіканні по ним імпульсного струму мікросекундного діапазону при розряді ємнісного накопичувача енергії (ЄНЕ).

Вимірювання температури проводилось з допомогою теплових електричних перетворювачів, які були встановлені в центрах чотирьох граней резистора. Енергія кожного із імпульсів, поданих на резистор, складала 1875 Дж, тривалість імпульсу складала t_i = 55 мкс .

Розрахунок температурного режиму при імпульсному аперіодичному розряді був здійснений за виразом [2]:

$$T = T_0 + \frac{U^2 \tau_{ел} \chi}{2Rcm(1-\chi)} \left(e^{-\frac{t}{\tau}} - e^{-\frac{t}{\tau_{ел}}} \right) \qquad (1)$$

де U – напруга заряду ЄНЕ,

$\tau_{ел}$ – постійна часу розряду конденсатора, $\tau_{ел} = RC$,

$$\chi = \frac{2\tau}{\tau_{эл}} .$$

На рис.1 наведені експериментальна крива та розрахункові криві зміни температури резистора при імпульсному розряді ЄНЕ. Експеримент проводився при початковій температурі 17^0С.

При проведені розрахунків кривих 2 та 3 використовувалось співвідношення (1), а також залежність коефіцієнта тепловіддачі α від температури перегріву [1]. Відповідно до рис. 1 найбільше відхилення від результатів експерименту спостерігається при теплоємності cm = 270 Дж/град становить – 14%, при теплоємності cm = 450 Дж/град – 8%.

Таким чином, можемо зробити висновок, що теплофізичні характеристики отримані експериментальним способом при досліджені стаціонарного режиму роботи резисторів, можуть бути використані для проведення електротеплового розрахунку для імпульсного режиму роботи.

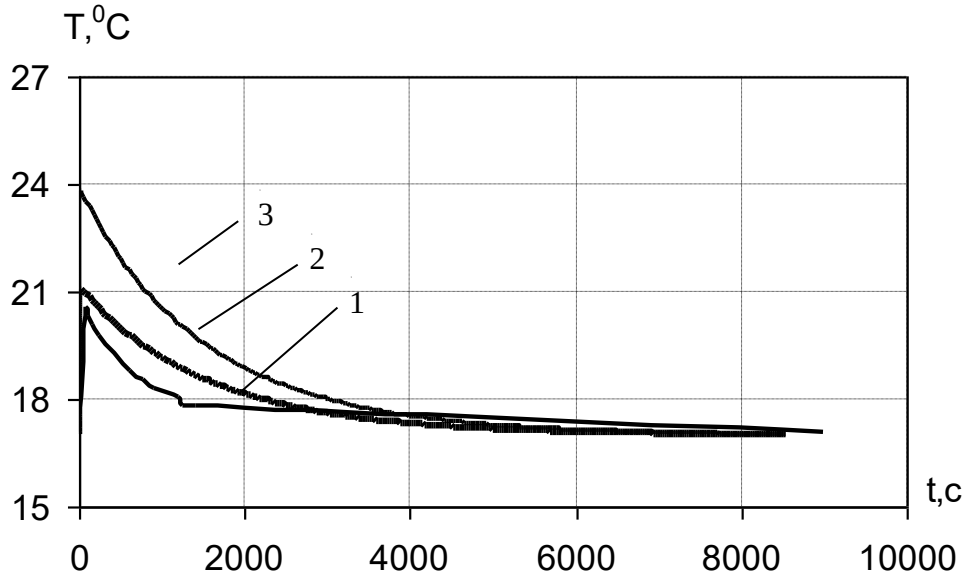


Рисунок 1 – Криві зміни температури резистора:

1 – експериментальна крива; 2 – розрахункова крива при
ст = 450 Дж/град; 3 – розрахункова крива при *ст* = 270 Дж/град

Список литературы: **1**. *Руденко С. С*. Экспериментальные исследования теплофизических характеристик высоковольтных резисторов ТВО–60 / *Руденко С. С., Пєтков О.О.* // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Техніка та електрофізика високих напруг. – Харків: НТУ "ХПІ". - №39. – 2009. – С. 162 – 168. **2.** *Смирнов С. М.* Генераторы импульсов высокого напряжения / *Смирнов С. М., Терентьев П. В.* // М.- Л., изд. "Энергия", 1964 г. - 240 с.

УДК 543.422.4

РУДЧЕНКО С.О., ***СТАРИКОВ В.В.,*** канд. физ.-мат. наук

ОПТИМИЗАЦИЯ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГИДРОКСИАПАТИТА ПРИ ВАРИАЦИИ ИХ СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ ОТЖИГА

Композиты на основе фосфатов кальция и естественных биополимеров все более широко используются при изготовлении ортопедических биоматериалов. Большой спектр таких материалов для самых различных клинических применений может быть создан на основе двух компонентов: нанокристаллического апатита и хитозана.

Гидроксиапатит (ГА) - $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ с некоторыми допущениями можно считать кристаллохимическим аналогом минеральной составляющей тканей скелета животных и людей.

Интерес к хитозану обусловлен его биосовместимостью с тканями человека, способности усиливать регенеративные процессы при заживлении ран и бактерицидными свойствами. Хитозан (Х) представляет собой простейшее производное хитина, который является основой скелетной системы, поддерживающей клеточную структуру тканей в панцирях ракообразных, кутикуле насекомых, клеточной стенке грибов и бактерий.

Неорганическая часть костной ткани человека содержит: 75% гидроксиапатита кальция, 19% карбонат апатита (КА).

Таким образом, при создании заменителей помимо ГА можно для лучшей имитации костной ткани человека дополнительно синтезировать карбонат апатит либо как отдельный материал, либо ввести его в структуру ГА путем частичной замены гидроксильных и фосфатных групп карбонатами вызывая появление карбонатного апатита А и В типа, соответственно [1].

При производстве заменителей стремятся получить главным образом продукт с карбонатом В типа, что соответствует молодой костной ткани.

Одним из эффективных методов исследования и контроля таких препаратов является ИК-спектроскопия, поскольку большинство веществ имеют характеристические спектры в диапазоне 400-4000 $см^{-1}$. По этим спектрам можно провести качественный и количественный анализ [2].

Объектами исследований в работе были композиты на основе ГА и Х, где в качестве ГА использовались костный препарат животного и синтетический ГА, а также композит ГА/Х где в качестве источника ионов кальция использовался деминерализат куриной яичной скорлупы.

Цель работы – исследование состава и структуры природного и синтезированного гидроксиапатита; анализ влияния термической обработки на структуру и химический состав композита ГА/Х; поиск оптимального сочетания Х и ГА в композите; показать возможность разделения замещений карбонатами в композитах ГА/Х фосфатной группы PO_4 и гидроксильной группы ОН.

Для всех исследуемых образцов характерно наличие на ИК-спектрах основных характеристических линий ГА, с частотами 565, 602, 1030-1040, 1090 $см^{-1}$, и хитозана, с частотами 2920-2925, 1540-1560, 1318, 1153 $см^{-1}$. Карбонатапатит А и В типа определяется частотами: 1450-1460, 1540-1570 $см^{-1}$ – карбонатапатит А типа, и 871, 1416, 1455 $см^{-1}$– В типа.

Исследуемые препараты удовлетворяют требованиям, предъявляемым к химическому составу этого класса биоматериалов.

В процессе синтеза композиционных материалов ГА/Х попадание примесей, источниками которых могут служить как реагенты, используемые для синтеза ГА так и хитозан, неизбежно. Эти примеси приводят к снижению степени кристалличности апатитной фазы и получению не стехиометрического ГА. Для улучшения структурных характеристик и химического состава таких препаратов применяют термическую обработку. При исследованиях композитов на основе ГА и Х было установлено, что обработка при Т=1100^{o}С приводит к улучшению степени кристалличности апатитной фазы,

удалению органической фазы в материалах биологического происхождения и отжигу примесей [3].

Так же показано, что при этой температуре получается препарат свободный от карбоната А типа, что приближает его по химическому составу к молодой костной ткани.

На структурные и функциональные свойства композиционных материалов ГА/Х также влияет и соотношение входящих компонентов. В связи с этим были исследованы концентрационные ряды нанокомпозитных материалов на основе ГА и Х и установлено, что наиболее оптимальным вариантом сочетания ГА и Х является соотношение 50/50. Данный композит обладает наилучшими структурными характеристиками и удовлетворительным химическим составом.

Установлено, что в композитах ГА/Х источником карбонатных примесей В типа является ГА, а источником примесей карбоната А типа в основном служит хитозан.

Композит Х/ГА в котором в качестве источника ионов кальция использовался деминерализат куриной яичной скорлупы превосходит ранее рассмотренные по чистоте и химическому составу, т.е. концентрации биоактивных веществ.

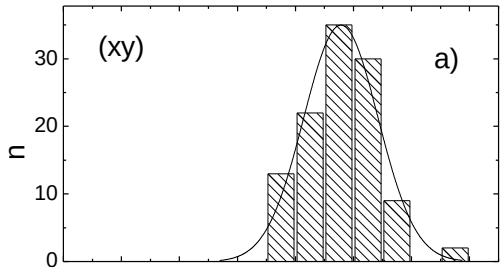
Список литературы: 1. *Landi E., Tampieri A. et al.* Influence of synthesis and sintering parameters on the characteristics of carbonate apatite // Biomaterials. -2004. -№.25 -P. 1763-1770. **2.** *Смит А.* Прикладная ИК-спектроскопия // М. Издательство «Мир». -1982. -С. 16-240. **3.** *Danilchenko S.N., Koropov A.V. et al.* Thermal behavior of biogenic apatite crystals in bone: an X-ray diffraction study // Institute of Applied Physics, National Academy of the Ukraine, Petropavlovskaya str., 58, Sumy, Ukraine. - 2006.

УДК 669.175:539.533

РУСАКОВА А.В., ***ФОМЕНКО Л.С.,*** докт. физ.-мат. наук

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ ОДНОРОДНОСТИ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ТИТАНА, ПОЛУЧЕННОГО КРИОПРОКАТКОЙ

Методом микроиндентирования исследована однородность дефектной структуры чистого нанокристаллического (НК) титана с размером зерна d ≈ 40 нм, полученного прокаткой при низкой температуре. Микротвердость по



Виккерсу H_V не зависела в пределах разброса данных от координаты индентирования как в плоскости прокатки, так и в плоскости, перпендикулярной направлению прокатки. Текстура, созданная в процессе приготовления НК образца, проявилась в существенном различии средних значений $\overline{H}_V$ и стандарной ошибки среднего в плоскости прокатки и в плоскости, перпендикулярной направлению прокатки (см. рис. 1 и табл. 1).

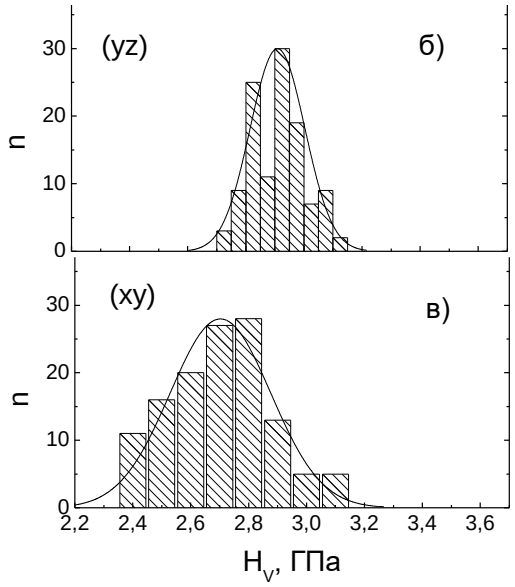


Рис. 1. Гистограммы микротвердости НК (а и б, обр. 1) и мелкозернистого титана с размером зерна d ≈ 5 мкм (в, обр. 2); измерения на плоскости прокатки (а, в) и на плоскости, перпендикулярной направлению прокатки, (б) при нагрузке на индентор 1 Н и температуре 300 К. Сплошные кривые – нормальное распределение.

Таблица 1 – Выборочные характеристики микротвердости чистого титана. Обр. 1 – НК титан с d = 40 нм, полученный криомеханической обработкой; обр.
2 – мелкозернистый титан с d ≈ 5 мкм, получен путем высокотемпературного отжига НК титана.

№ образца	Плоскость индентиро-	Объем выборки,	Выборочное среднее,	Стандартное отклонение,	Стандартная ошибка среднего,

	вания	n	$\overline{H}_V$, ГПа	s_d, ГПа	s_e, ГПа
1	(xy)	111	3,156	0,129	0,0122
1	(yz)	115	2,908	0,094	0,0088
2	(xy)	125	2,702	0,174	0,0156

n - количество проведенных измерений величины H_V (количество отпечатков индентора), $\overline{H}_V = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} H_{Vi}$, $s_d^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i}^{n} (H_{Vi} - \overline{H}_V)^2$, $s_e = \frac{s_d}{\sqrt{n}}$.

Приведенные в табл. 1 данные позволяют количественно оценить степень текстуры, созданной в процессе криопрокатки, точнее, результат ее влияния на микротвердость: среднее значение и стандартное отклонение, измеренные на плоскости, перпендикулярной направлению прокатки, оказались соответственно на 8 % и 28 % меньше, чем измеренные при индентировании плоскости прокатки.

Отжиг НК образца при температуре 650 ^{0}C в вакууме привел к понижению среднего значения микротвердости на 14,4 %, в то время как стандартное отклонение возросло на 35 % по сравнению с исходным образцом. Понижение среднего значения может быть легко понято как следствие рекристаллизации при высокотемпературном отжиге (размер зерна увеличился от 40 нм до 5 мкм). Сильное возрастание стандартного отклонения указывает на изменение характера текстуры в сторону усиления анизотропии механических характеристик.

При понижении температуры от 300 К до 77 К микротвердость НК титана линейно возрастала от 3 до 5 ГПа. Оценены активационный объем γ и энергия активации ΔH процесса пластической деформации НК титана: $\gamma \approx 1{,}8 \cdot 10^{-28}$ м^3, $\Delta H \approx 1$ эВ, что указывает на дислокационный механизм деформации под индентором (взаимодействие дислокаций с локальными барьерами). Отжиг НК титана, приводящий к процессу рекристаллизации, сопровождался уменьшением величины микротвердости (см. табл. 1) и увеличением активационного объема.

Таким образом, чистый НК титан, полученный криомеханической обработкой, является структурно однородным и стабильным материалом и может быть с успехом использован для различных целей, в том числе, и в медицине.

УДК 621.311.21.

СЕРГЄЄВА Є.Є**, *РУДАКОВ В.В.,*** докт. техн. наук

ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ГЕЛІОСИСТЕМ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД КУТА НАХИЛУ КОЛЕКТОРА

Для України з нетрадиційних джерел енергії одним з найбільш перспективних є використання сонячної енергії. Основними видами використання сонячної енергії є гаряче водопостачання та теплопостачання із застосуванням сонячних колекторів (СК) [1].

Мета дослідження - визначити оптимальний кут нахилу СК з південної орієнтації для геліоустановки, яка працює в Харківському регіоні на протязі всього року, що відповідає географічній широті місцевості 50°. Для цього визначили середнє значення кута схилення Сонця для кожного місяця (результати приведені в таблиці 1) та кількість енергії ($E_к$, МДж/(м^2 · добу)), що поступає на СК, в залежності від кута його установки по місяцям (рис.). Середньорічні значення цієї енергії приведені в таблиці 2.

Таблиця 1 – Середні значення кута схилення Сонця по місяцям для широти місцевості 50°

Номер місяця в році	Кут схилення Сонця, град.	Номер місяця в році	Кут схилення Сонця, град.	Номер місяця в році	Кут схилення Сонця, град.
1	-20,397	5	18,39969	9	1,9534
2	-13,0933	6	22,61206	10	-9,6359
3	-2,33758	7	20,6458	11	-18,667
4	9,301917	8	13,0089	12	-22,597

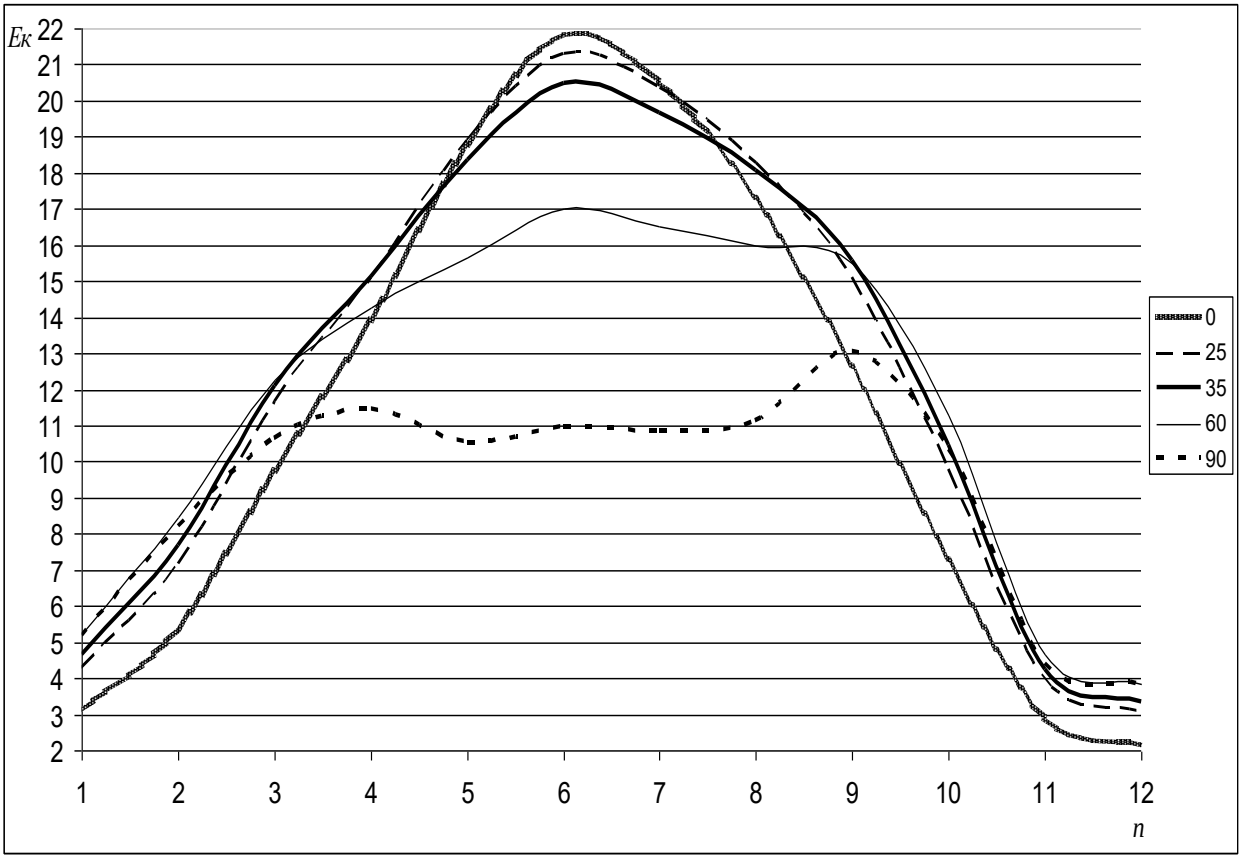


Рис. Графік залежності кількості енергії ($E_к$, МДж/(м^2 · добу)), що поступає на геліоколектор з урахуванням кута його установки від номера місяця в році (n).

Таблиця 2 – Середньорічні значення енергії, що поступає на геліоколектор з урахуванням кута його установки

Кут установки колектора, град.	Середньорічні значення енергії, МДж/(м^2·добу).	Кут установки геліоколектора, град.	Середньорічні значення енергії, МДж/(м^2·добу).
0	11,2892	40	12,44921
10	11,88251	50	12,19664
20	12,28638	60	11,72809
25	12,40987	70	11,0584
30	12,47873	80	10,20999
35	12,49198	90	9,213163

Згідно таблиці 2 найбільш ефективним є використання геліоколектора з кутом нахилу 35°, що підтверджує відомі дані. Але за результатом аналізу залежності (рис.) в зимовий період року (листопад - березень) доцільно встановлювати СК під кутом 60°. При цьому кількість енергії, що поступає на геліоколектор за цей період, зростає в середньому на 7,506 %. В період року квітень – жовтень найбільш ефективним є кут нахилу СК 25°, при цьому кількість енергії, що поступає на колектор зростає в середньому на 0,825 %.

Висновки:

1. Оптимальним кутом нахилу СК є кут 35° з південної орієнтації для геліоустановки, яка працює в Харківському регіоні на протязі всього року на географічній широті місцевості 50°.

2. Для підвищення ефективності роботи геліоустановки в зимовий період (листопад - березень) доцільно переустановлювати СК під кутом 60°, а в літній період (квітень - жовтень) - 25°.

Список джерел інформації: 1. Неисчерпаемая энергия Кн. 3. Альтернативная энергетика / *В. С. Кривцов, А.М. Олейник, А. И. Яковлев* – Учебник. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. Ин-т", Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2006. – 643 с.

УДК 621.311

ТАРАН И.В., ***РУДАКОВ В.В.,*** докт. техн. наук

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ТЕПЛОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕРЕВЯННОГО ЖИЛОГО ДОМА НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

В эксплуатационных расходах частного дома самую большую часть составляют затраты на отопление и горячее водоснабжение. В наши дни фактор постоянно растущих цен на энергоносители привел к моменту, когда вопрос энергосбережения стал актуальным для частных потребителей газа для систем отопления и горячего водоснабжения.

Энергосбережения при строительстве дома можно достичь 3 путями: утепление ограждающих конструкций, установка более эффективного оборудования и применение возобновляемых источников энергии.

Целью данной работы является определение эффективности указанных мероприятий на примере рассмотрения системы индивидуального теплоснабжения деревянного жилого 3-х этажного дома, расположенного в пос. Малая Даниловка, Харьковской области, жилой площадью 605 м^2, в котором проживает 8 человек.

Тепловые потери здания снижены за счет утепления наружных ограждающих конструкций с учетом действующих требований по тепловой изоляции зданий.

В качестве основного источника тепла используется газовый котел с автоматической системой регулирования по температуре наружного и внутреннего воздуха. Применение приборов автоматического уменьшения тепловой мощности в нерабочее время снижает годовые тепловые потери здания на 20%, а установка термоэлектрических регуляторов на отопительных приборах - еще на 10%. В результате годовая нагрузка на систему отопления составила 214 ГДж, а на систему горячего водоснабжения - 44 ГДж.

В качестве дополнительного источника тепла используется гелиоколлекторная установка общей площадью 50,4 м^2, расположенная под углом 45° к горизонту на крыше дома, предназначенная для нагрева воды системы горячего водоснабжения, а также для отопления дома в период межсезонья. Установка подобрана из расчета снижения расхода тепла на отопление на 25%, а на горячее водоснабжение – на 100% в течение года. Суммарная нагрузка на основной источник тепла уменьшается на 33% в год (85 ГДж). При этом в летний период солнечный коллектор вырабатывает большое количество тепла, которое целесообразно было бы использовать для подогрева воды в бассейне.

Стоимость 1 м^2 площади гелиоколлектора составляет в среднем 500$ или 4000 грн. Согласно действующим тарифам для населения, при наличии газового счетчика, при потреблении до 6000 м^3 газа стоимость 1000 м^3 – 732 грн. При потреблении свыше 6000м^3 - 149,88 грн.

С учетом теплотворной способности газа и коэффициента полезного действия котла расход газа в год на систему отопления и горячего водоснабжения составляет 8 650 м^3. При использовании гелиоколлекторной установки расход газа снижается до значения 5 805 м^3. Владелец дома при этом будет платить по более низкому тарифу, что снижает эксплуатационные затраты на систему теплоснабжения в 3 раза и экономия составляет 8 726 грн в год.

Срок окупаемости установки составляет 11 лет, однако энергоносители имеют устойчивую тенденцию к росту цен и соответственно с удорожанием природного газа срок окупаемости будет более низким.

ХАРЧЕНКО М.С., ***КУХАРЕНКО В.М.***, канд. техн. наук, проф.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ В АПАРАТАХ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

В наш час сильно поширені дослідження в області знаходження нових способів отримання низьких температур, як для кріогенної техніки так і для холодильної техніки. Одним з основних методів отримання низьких температур великих значеннях холодопродуктивності (до 10000 кВт) є абсорбційні холодильні машини, що працюють на різних хладагентах, домінуюче положення серед яких займає аміак. До одного з підвидів таких тепловикористовуючих машин можна віднести абсорбційно-дифузійні агрегати, які мають свої недоліки і переваги. Ці апарати, в основному, використовують в малих холодильних машинах для отримання температур до -150°С з невеликою холодопродуктивністю.

В поданій роботі була поставлена задача, зробити дослідження процесів тепло- і масообміну в апаратах абсорбційних холодильних машин, а також спробувати зробити розрахунок абсорбційно-дифузійної холодильної машини на базі теплової трубки.

В роботі проводиться математичне моделювання процесів тепло- і масообміну в апаратах абсорбційних холодильних машин. Така необхідність моделювання може виникнути у випадках проектування нових апаратів або оцінки існуючих конструкцій, тому були зроблені конструктивні розрахунки генератора і абсорбера, де знайшло місце вживання результатів, отриманих за допомогою математичної моделі.

Був зроблений тепловий розрахунок водоаміачної холодильної машини з дефлегматором та теплообмінником розчинів та дифузійної холодильної машини.

За допомогою моделі було зроблено дослідження процесів тепло- і масообміну в генераторі та абсорбері водоаміачної холодильної машини. Результати моделювання були використані для конструктивного розрахунку цих апаратів і порівняння з існуючими конструкціями. Як виявилось для генератора довжина труб зменшилась з 5-ти до 3-х метрів, а компактність збільшилась на 0,27 $м^2/м^3$. Для абсорбера кількість труб зменшилась , а компактність збільшилась теж на 0,27 $м^2/м^3$.

Також була зроблена спроба скористатися вищезгаданою математичною моделлю для дослідження процесів тепло- і масообміну в абсорбційно-дифузійній холодильній машині на базі теплової трубки. Були визначені витрати робочої речовини у всіх апаратах абсорбційно-дифузійної холодильної

машини (генератері, абсорбері, конденсатору, випарнику та дефлегматорі) та концентрації аміаку у кожному з цих апаратів.

УДК 621.311.21.001.4

ШКОРОПАТЕНКО Н.В., ***БОНДАРЕНКО О.Ю.,*** доц.

КОНСТРУЮВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ВІТРОУСТАНОВКИ ДЛЯ ПІДЙОМУ ВОДИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ

Розроблена механічна вітроустановка (МВУ) для використання вітрової енергії з метою виконання механічної роботи. При проектуванні конструкції МВУ (див. рис. 1) використані недорогі матеріали і комплектуючі, що вживаються в автомобілебудуванні (можливо і вживані), прості технології, що дозволяє виготовити МВУ в невеликих майстернях, при невисокій її вартості.

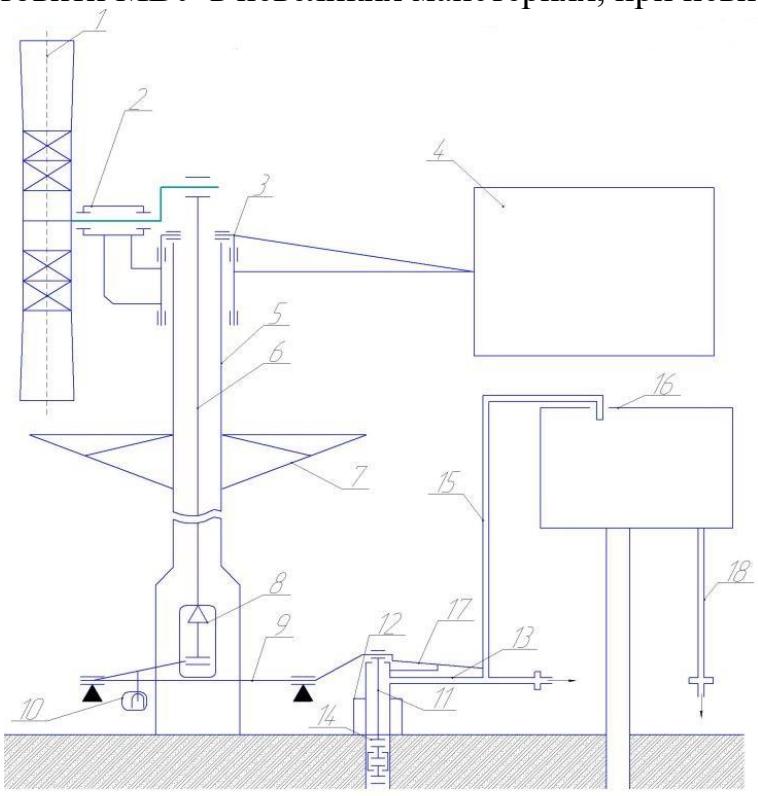


Рисунок 1 – Схематичне зображення МВУ

МВУ складається з наступних основних елементів: 1 - вітрове колесо (ВК), диск якого кріпиться до фланця валу з кривошипом - 2. У зв'язку з тим, що окрім моменту, що крутить, від ВК на вал впливає момент, що ще і вигинає, від асиметричних аеродинамічних навантажень, його діаметр вибирається із співвідношення (див. формулу 1): $d_e = D /100$ (1), де D - діаметр ВК.

Мінімальна висота башти складає(див. формулу 2):

$$H_б = h + s + 0{,}5 \cdot D \qquad (2),$$

де h – висота перешкод перед ВЕУ, s.– відстань від верхівки перешкоди до нижньої крапки поверхні вітроколеса.

Основні технічні характеристики МВУ(див. табл.1):

Таблиця 1 – Технічні характеристики вітросутановки

Основні характеристики	Розмірність	Числові показники
Висота вежі	м	7
Діаметр вітроколеса	м	4
Кількість лопатей	шт	16
Початкова швидкість вітру	м/с	3
Макс. експлуатаційна швидкість вітру	м/с	30
Середня продуктивність	м3/ добу	10

Базою для монтажу валу з кривошипом і хвостової частини - 4, призначеній для автоматичної установки плоскості обертання ВК перпендикулярно вектору швидкості вітру, є поворотна частина 3. Вона є трубою з внутрішнім діаметром 160 мм, що спирається на ролики, закріплені на опорній конструкції (вежі), - 5, і що дозволяють їй вільно повертатися довкола вертикальної осі на кут 360°. Вежа 5 виготовлена із сталевих труб, верхня частина її має діаметр 160 мм, а нижня - 220 мм. Висота вежі - 7 м, в нижній частині її є виріз овальної форми для передачі руху на систему важелів для приводу поршневого насоса. Майданчик 7, зварена з арматурних прутиків, жорстко закріплена на верхній частині вежі 5 і призначена для технічного обслуговування ВК. Тяга 6 передає рух від кривошипа, сполученого з валом 2, до важеля 9, а від нього до тяги 11 зануреного поршневого насоса, розташованого в свердловині 12. Тяга 6 проходить усередині вежі 5, виготовлена із сталевої стрічки. Опорний підшипник 8 призначений для запобігання скручуванню тяги при повороті ВК довкола вертикальної осі. При робочому ході зануреного насоса, тобто коли його поршень 14 рухається вгору, тяга 6 і 11 знаходяться в натягнутому стані. При ході поршня насоса 14 вниз натягнення тяги слабшає. Для того, щоб тяга весь час була в натягнутому стані використовується противага 10, який забезпечує плавну роботу насосної частини установки.

Підйом води виробляється зі свердловини, розташованої поряд з МВУ. Така компоновка зручна з точки зору економічної доцільності, монтажу і обслуговування всього комплексу. У даному комплексі глибина свердловини від поверхні землі до дзеркала води рівна 17 м. Зі свердловини вода подається трубопроводом 15 в напірну ємність 16, об'єм якої близько 6 м-коду, і розташована над рівнем землі на висоті 3 м. Під час роботи ВМУ забір води з трубопроводу 15 можна виробляти, відкривши вентиль 13, а з напірної ємкості 16 - у будь-який час по трубопроводу 18. Після заповнення напірної ємко-

сті 16 відключення поршневого насоса і переведення МВУ в режим холостого ходу виробляється за допомогою важеля 17.

Виготовлена за даною технологією вітроустановка має низьку вартість, гарні міцнісні та економічні характеристики.

СЕКЦІЯ 8.
МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА В АВТОМАТИЦІ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 621.34.001.5

ЗАРУБА А.В.**, *РОГАЧЁВ А.И.,*** докт. техн. наук, проф.

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЛИНЕЙНЫМ НЕПЕРЕРВНИМ ОБЪЕКТОМ

Проблема настройки регуляторов в АСУТП на промышленных объектах подробно рассмотрена в работе [1]. Из-за нелинейности и нестационарности процессов единожды настроенные регуляторы не обеспечивают задачу стабилизации и в большом числе случаев работают неудовлетворительно. Обслуживающий персонал систем управления не справляется с объемом работ, а операторы не владеют приемами настройки. Положение в значительной мере улучшается за счет применения средств автоматизированной настройки в современных микропроцессорных системах управления. Однако они не решают задачу полностью, поскольку требуют участия обслуживающего персонала и устраняют только проблемы, обнаруживаемые людьми.

Адаптивные регуляторы предназначаются для сохранения необходимого качества регулирования при изменениях характеристик объекта и условий его функционирования за счет адекватного перестроения параметров и/или структуры в алгоритме. При этом роль регулятора должна заключаться в том, что он обеспечивает сохранение режима автоматического регулирования (устойчивость и допустимое качество регулирования) в условиях нестационарности, нелинейности и зашумленности объекта.

Адаптивный регулятор должен продолжать работу в тех условиях, когда стандартный ПИД регулятор уже не справляется с задачей стабилизации регулируемой переменной. Такие возможности адаптивного регулятора должны обеспечиваться включением в алгоритм специальных механизмов обратной связи по характеристикам поведения замкнутой системы. К адаптивным при этом безусловно не должны относиться системы автоматизированной настройки, работающие под управлением наладчика, а также системы автоматической коррекции параметров настройки по нагрузке объекта.

Ограничимся основным случаем самонастраивающегося регулятора, в котором специальный блок адаптации действует на параметры ПИД регулятора в зависимости от контролируемых характеристик поведения контура. Для того, чтобы поддержать систему автоматического регулирования в "хорошем" состоянии, необходимо:

— своевременно обнаруживать ситуацию разладки контура, выполняя идентификацию динамики (объекта или контура) в темпе с процессом;

— при обнаружении факта разладки рассчитать необходимые изменения параметров настройки;

— ввести вычисленную коррекцию параметров в ПИД регулятор;

— проверить результаты коррекции и при необходимости вновь выполнить операции идентификации при новых параметрах и повторить коррекцию.

В адаптивном регуляторе каждый из этапов процесса адаптации должен выполняться автоматически. Методы выполнения каждого из этапов должны быть надежны и работать без ошибок. Разладка системы должна обнаруживаться методами идентификации, расчет коррекции - методами теории регулирования. При этом существенную роль играют критерии разладки и окончания коррекции, от которых также зависит успешная работа регулятора.

Существует много подходов к построению адаптивных регуляторов, каждый из которых предпочтительно применять в определенных условиях.

Обычно работа алгоритма адаптации опирается на математическую модель объекта в его составе. Регуляторы с применением модели в контуре адаптации делятся на две основные группы: регуляторы с эталонной моделью и регуляторы с идентифицируемой моделью. Адаптивные алгоритмы разделяют также на активные и пассивные в зависимости от используемого метода идентификации. В активных применяются автоматически наносимые тестовые воздействия на контур, в пассивных используются случайные сигналы из внешней среды.

Этими основными типами далеко не исчерпывается многообразие схем адаптивных регуляторов. Предлагаются, например, "безмодельные" и "мультимодельные" схемы. При реализации схем используются разные вычислительные механизмы, в том числе методы искусственного интеллекта - нечеткая логика, нейронные сети, а также автоколебательные и скользящие режимы работы и т.д. Поэтому адаптивные регуляторы представляют собой множество алгоритмических схем с разными свойствами, возможностями, условиями применения. Приведем некоторые примеры.

В системах с эталонной моделью (Model Reference Adaptive Systems, MRAS) выход модели в реальном времени сравнивается с выходом объекта. Для устранения (уменьшения) невязки между характеристиками поведения выходов объекта и эталонной модели применяется какая-нибудь известная схема поиска экстремума. Предпосылками применения схемы являются достаточно низкий уровень возмущений и хорошие данные о запаздывании в процессе, а также использование управляющего входного сигнала в алгорит-

ме. Ответственным этапом в подготовке к работе регулятора с эталонной моделью является создание эталонной модели. Часто эталонная модель подготавливается путем предварительной настройки контура с применением традиционных или автоматизированных процедур.

В адаптивных системах с идентифицируемой моделью (Model Identification Adaptive Systems, MIAS) применяются обычно рекурсивные алгоритмы идентификации, требующие достаточно длительных наблюдений; соответственно они обладают низким быстродействием и могут применяться для процессов с медленно меняющимися характеристиками. Параметрические воздействия на регулятор осуществляются в дискретные моменты времени.

Регуляторы с эталонной моделью обладают более высоким быстродействием в перенастройке; регуляторы с идентифицируемой моделью в то же время не требуют, как первые, непременного измерения управляющего сигнала на входе объекта.

Важную роль играет алгоритмическая реализация функциональных блоков, от которой существенно зависит удачное применение регулятора. Большой выбор вариантов порождает множество возможных алгоритмических схем. От алгоритмов требуются хорошее быстродействие, робастность (неприхотливость) и малое потребление вычислительных ресурсов. При исследованиях и практическом использовании адаптивных регуляторов возникают объективные трудности из-за принципиальных особенностей их структур.

Блоки параметрического воздействия в составе регуляторов существенно нелинейны, что приводит к затруднениям в теоретических исследованиях систем и к парадоксальным явлениям в их поведении, например, к чередованию областей устойчивости и неустойчивости в пространстве параметров. В адаптивном регуляторе подлежат настройке параметры как основного контура (первичная настройка), так и блока адаптации, что ведет к значительному возрастанию размерности и к существенному усложнению задач и процедур настройки.

Представляет интерес сопоставительный анализ промышленных серийных адаптивных и самонастраивающихся регуляторов, опирающийся на их экспериментальные испытания. Показано, что решающих преимуществ в эффективности процессов адаптации по критериям быстродействия, помехозащищенности, надежности в работе нет ни у одного из регуляторов (т.е. алгоритмов управления, алгоритмических схем): у каждого есть своя предпочтительная область применения. Стоит проблема разработки универсального алгоритма автоматического регулирования, обладающего свойством адаптивности к изменениям характеристик объекта управления и окружающей среды в различных ситуациях.

Решение этой проблемы может быть достигнуто за счет структурной адаптации в регуляторе, в котором применены несколько алгоритмов адаптации. Применение того или иного алгоритма должно диктоваться конкретными условиями.

Список литературы: 1.Автоматизация настройки систем управления. / *Ротач В.Я., Клюев А.С., и др.: Под ред. Ротача В.Я. М.:* Энергоатомиздат, 1984, 272 с.

УДК 21.531

ТРУБЧАНОВА Н.В., ***МАЩЕНКО Т.Г.***, канд. техн. наук, проф.

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЭКГ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ РИТМА СЕРДЦА

Чреспищеводная электрическая стимуляция сердца (ЧПЭС) — неинвазивный метод исследования, который используется для диагностики скрытой коронарной недостаточности у больных с ишемической болезнью сердца, изучения характера и электрофизиологических механизмов нарушений ритма сердца, для купирования пароксизмальных наджелудочковых тахиаритмий, а также у людей с хроническим обструктивным бронхитом [1].

Сущность метода заключается в регулируемом увеличении числа сердечных сокращений (ЧСС) путем навязывания искусственного ритма электрической стимуляцией предсердий. Для проведения ЧПЭС используется гибкий биполярный электрод-катетер, который вводится через нос или рот в пищевод на глубину примерно 45 см и устанавливается на уровне предсердий. Для возбуждения предсердий используют силу тока от 20 мА до 30 мА. При этом напряжение достигает 30–60 В [2].

Для выявления скрытой коронарной недостаточности, регулируемое увеличение ЧСС значительно повышает работу сердца и потребность миокарда в кислороде, что в условиях лимитированного коронарного кровотока у больных с ишемической болезнью сердца (ИБС) может приводить к развитию приступа стенокардии и/или появлению на поверхностной ЭКГ ишемических изменений.

После регистрации исходной ЭКГ в 12 отведениях начинают чреспищеводную электрическую стимуляцию сердца. По достижении стабильной ЧСС в 100 уд/мин, увеличивают темп навязываемых сердечных сокращений на 15–20 уд/мин. При хорошей переносимости пробы и отсутствии ишемических изменений на ЭКГ достигают ЧСС 160 уд/мин, удерживая такой темп сердечных сокращений в течение 10 мин, после чего отключают электрокардиостимулятор, восстанавливая исходный синусовый ритм. Пробу с ЧПЭС проводят под постоянным контролем ЭКГ на экране осциллоскопа, уровня артериального давления и состояния пациента. ЭКГ регистрируют в конце каждой минуты исследования. Затем необходимо сделать оценку результатов исследования, если при 10 минутном навязывании ритма с часто-

той 160 сокращений в минуту отсутствуют клинические и электрокардиографические признаки недостаточности сердечно-сосудистой системы, проба считается отрицательной [3].

Следует отметить, что ЧПЭС применяется только в том случае, когда были проведены обычная ЭКГ, функциональные нагрузочные тесты, мониторирование ЭКГ по Холтеру. После этих исследований врач с точностью не сможет сказать о состоянии сердца больного, в этом случае назначается чреспищеводная электрокардиограмма и затем ЧПЭС. Нагрузочные тесты давать не всем больным можно, некоторые имеют проблемы с опорно-двигательным аппаратом, а другие имеют скрытую мерцательную аритмию.

В настоящее время мерцание аритмии можно наблюдать не только у людей старше 60-ти, но и у детей разных возрастов. Из основных факторов, вызывающих аритмии, являются врожденные пороки сердца. Из этого следует, что таким детям нагрузочные тесты давать нельзя, а ЧПЭС является самым оптимальным видом диагностики в лечении сердечно-сосудистой системы [3].

Из анализа работы [4], видно эффективность использование ЧПЭС в оценке состояния правых отделов сердца в зависимости от степени тяжести течения хронического обструктивного бронхита (ХОБ) в сравнении с трансторакальной эхокардиографией (ТТЭ).

В зависимости от тяжести бронхита и состояния сердечно-сосудистой системы больные были разделены на 3 группы: **1-я группа** - 31 больной; **2-я группа** - 34 больных; **3-я группа** - 65 больных.

Рис 1. Распределение качества трансторакальной локации в группах больных ХОБ.
Обозначения:
Светлые тона - хорошая локация;
темные тона - плохая локация

У всех пациентов ХОБ и у здоровых лиц во время проведения ЧПЭ было получено качественное изображение наружной и внутренней передней стенки правого желудочка (ПСПЖ), которое не затрудняло расчеты. Иная картина наблюдалась у больных ХОБ при трансторакальном исследовании.

Как видно из рисунка, с нарастанием тяжести основного заболевания увеличивается частота плохой локации структур сердца при использовании стандартной эхокардиографии. В 1-й группе количество “трудных” пациентов составило 29%, во 2-й группе - 41%, в 3-й - 69%. Нетрудно объяснить полученные данные, поскольку известно, что наибольшую группу “трудных” пациентов при проведении ТТЭ, по сравнению с другими сердечно-сосудистыми заболеваниями, составляют больные ХОБ. В таблице приведены результаты оценки основных показателей работы сердца, в частности толщины передней стенки правого желудочка (ТПСПЖ) и систолического давления в легочной артерии (СДЛА).

Из таблицы 1 видно, что у здоровых лиц средний показатель ТПСПЖ при чреспищеводной локации оказались несколько ниже ($p<0,05$), нежели при трансторакальной. Указанное обстоятельство, очевидно, было обусловлено более высокой разрешающей способностью чреспищеводного датчика и стабильностью ультразвукового окна, что имеет особое значение при эмфиземе легких и пневмосклерозе. Закономерно, что в группах больных ХОБ ТПСПЖ при трансторакальном измерении была достоверно больше ($p<0,001$), чем при чреспищеводном исследовании.

Таблица 1

Группы	**Показатель**			
	Толщина передней стенки правого желудочка, см		**систолическое давление в легочной артерии, мм рт.ст.**	
	ТТЭ	**ЧПЭ**	**ТТЭ**	**ЧПЭ**
Контроль n=21	0,45 ± 0,004	0,43 ± 0,004*	25,6+0,17	25,4+0,2
1-я группа n = 31	0,48± 0,01	0,44± 0,006**	26,1+0,3	26,9+0,4
2-я группа n = 34	0,58± 0,01	0,50± 0,01**	30,5+0,9	31,3+0,9
3-я группа n = 65	0,66± 0,01	0,59± 0,02**	35,3+0,9	35,8+0,9

*Примечание. * - различия достоверны при p<0,05; ** - p<0,001.*

Полученные данные свидетельствуют о том, что чреспичеводная эхокардиография у больных ХОБ, в сравнении с трансторакальной эхокардиографией, является более предпочтительным методом для точных измерений и непосредственной визуальной оценки структур правого желудочка, поскольку при хорошей локации позволяет избежать значимых ошибок.

Применение данной методики, а именно чреспичеводная эхокардиография и чреспищеводная электрокардиостимуляция с целью восстановления ритма сердца и диагностики ХОБ связана со многими факторами, включающими высокую эффективность метода, чаще всего хорошую переносимость пароксизма, с экономической выгодой для пациента. Несомненным достоинством метода является расширение возможности электрокардиографии при диагностики сердечно-сосудистой и дыхательных систем.

Список литературы: 1. *Зубрин Ю.В.* Зависимость между параметрами частой чреспищеводной электростимуляции предсердий при купировании трепетания и электрофизиологическими характеристиками миокарда. – 1989. – № 7; **2.** *Сичов О.С., Бідяк О.І., Куць В.О. та ін.* Спосіб контролю ефективності стимуляції при відновленні синусового ритму у хворих з пароксизмами тріпотіння передсердь (Деклараційний патент України № 17542) // Промислова власність. – Бюл. № 9, 2006; **3.** *Белоконь Н.А., Кубергер М.Б.* Болезни сердца и сосудов у детей. Руководство для врачей. М 1987; 2: 91-94, 117-121; **4.** «Чреспищеводная эхокардиография в диагностике легочного сердца у

больных хроническим обструктивным бронхитом», *К.В.Тимощенко, Ю.Ф.Терещенко*, Красноярская государственная медицинская академия.

ШЕВЧЕНКО Д.А., ДЕРБУНОВИЧ Л.В.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СХЕМ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ НА ЯЗЫКЕ VHDL. АЛГОРИТМ КРИПТОРГАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ AES

Описан итерационный блочный шифр AES и его реализация средствами языка VHDL. Показаны достоинства данной реализации.

Проблема защиты информации была актуальна во все времена. В настоящее время, кода информация все чаще представлена в электронном виде и передается преимущественно через сеть Internet, существует высокая вероятность несанкционированного доступа к ней посторонних лиц. Наверное, наиболее эффективным способом защиты информации является ее шифрование. На протяжении нескольких десятков лет военные, политические, коммерческие организации разных стран мира используют определенные алгоритмы криптографической защиты, которые стали стандартами для этих стран. Среди них наиболее совершенными и широко применяемыми являются: ГОСТ 28147-89 - отечественный стандарт, AES – американский стандарт. Среди этих двух алгоритмов наиболее совершенным и наиболее стойким является второй – AES. В его основе лежит алгоритм *RIJNDAEL*, который разработан бельгийскими учеными Йоаном Дэменом и Винсентом Райменом. *RIJNDAEL*- это итерационный блочный шифр, имеющий архитектуру "Квадрат". Шифр имеет переменную длину блоков и различные длины ключей. Длина ключа и длина блока могут быть равны независимо друг от друга 128, 192 или 256 битам. В стандарте *AES* определена длина блока данных, равная 128 битам. Промежуточные результаты преобразований, выполняемых в рамках криптоалгоритма, называются *состояниями (State)*. Состояние можно представить в виде прямоугольного массива байтов (рис. 2.1). При размере блока, равном 128 битам, этот 16-байтовый массив имеет 4 строки и 4 столбца (каждая строка и каждый столбец в этом случае могут рассматриваться как 32-разрядные слова).

Алгоритм имеет N число раундов в зависимости от размера блока входных данных и блока ключа.

Раунд состоит из четырех различных преобразований:

• замены байтов *SubBytesQ* - побайтовой подстановки в 5-блоьах с фиксированной таблицей замен размерностью 8 х 256;

• сдвига строк *ShiftRowsQ* - побайтового сдвига строк массива *State* на различное количество байт;

• перемешивания столбцов *MixCoIumnsQ* - умножения столбцов состояния, рассматриваемых как многочлены над *GF(2*), на многочлен третьей степени *g(x)* по модулю $x^4 + 1$;

• сложения с раундовым ключом *AddRoundKeyQ* - поразрядного *XOR* с текущим фрагментом развернутого ключа.

State

a_0	a_4	a_8	a_{12}
a_1	a_5	a_9	a_{13}
a_2	a_6	a_{10}	a_{14}
a_3	a_7	a_{11}	a_{15}

Рис. 2.1. Пример представления 128-разрядного блока данных в виде массива *State,* где а - байт блока данных, а каждый столбец - одно 32-разрядное слово

При этом преобразование происходит по правилам умножения в полях Галуа с использованием регистров сдвига с линейными обратными связям*и* - LFSR (Linear Feedback Shift Register). Эти устройства являются идеальным средством защиты от случайных деструктивных воздействий. Основными достоинствами *LFSR* являются:

• простота аппаратной и программной реализации;

• высокое быстродействие;

• хорошие статистические свойства формируемых последовательностей в режиме генерации псевдослучайных последовательностей (ПСП);

• возможность построения на их основе генераторов, обладающих свойствами, ценными при решении специфических задач защиты информации (формирование последовательностей произвольной длины, формирование последовательностей с пред-периодом, формирование ПСП с произвольным законом распределения, построение генераторов, обладающих свойством самоконтроля и т. п.).

Была поставлена проблема реализации алгоритма AES на кристалле ПЛИС (фирмы Xilinx), используя средства языка VHDL. С помощью VHDL были описаны все блоки алгоритма и сгруппированы в единую структуру. В результате получилось устройство зашифрования и дешифрования данных.

Реализация алгоритма шифрования на языке VHDL имеет множество преимуществ. Во-первых, такая программно-аппаратная реализация имеет большую стойкость к взлому по сравнению с только программной реализацией. Во-вторых, она требует меньше ресурсов. Тип кристалла позволяет в любое время внести изменения в структуру устройства, если требования к шифрованию будут изменены (например, разная длина ключа). В результате моделирования было показано, что устройство успешно шифрует блоки длиной 128 бит и 128 бит для ключа и данных соответственно.

СЕКЦІЯ 9.
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ТА ЕЛЕКТРИЧНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ

УДК 620. 179. 16: 620. 179. 17

АНАНЬЇНА М.В.**,** ***ТЮПА І.В.,*** канд. техн. наук

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МОДЕЛИ ВИХРЕВОГО ТОКА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

В задачах вихретокового неразрушающего контроля сварных швов трубопроводов обычно приходится иметь дело с сложной геометрией и неоднородностью магнитных и электрических свойств сварного шва и околошовной зоны. В данной работе предложена физическая модель сварного соединения трубы на основе представления стенки трубы и валика усиления сварного шва в виде отдельных обмоток, выполненных из двух различных ферромагнитных проволок.

На рис. 1 показан эскиз физического идеализированного представления сварного соединения трубчатого образца. Физическая модель представляет собой намотанные на диэлектрический каркас ферромагнитные проволочные обмотки одинакового сечения. Как показали предварительные исследования, магнитные свойства стенки и трубы и шва в при электродуговой сварке отличаются друг от друга на 40-70%. Поэтому, обмотка, имитирующая стенку трубы выполнена из проволоки с относительной магнитной проницаемостью $\mu_г1=230$, а сварной шов с валиком усиления $\mu_г2=160$.

Как показали исследования, данная физическая модель по своим электромагнитным и геометрическим характеристикам полностью идентичен реальному образцу диаметром 32 мм (Ст.2 ПС).

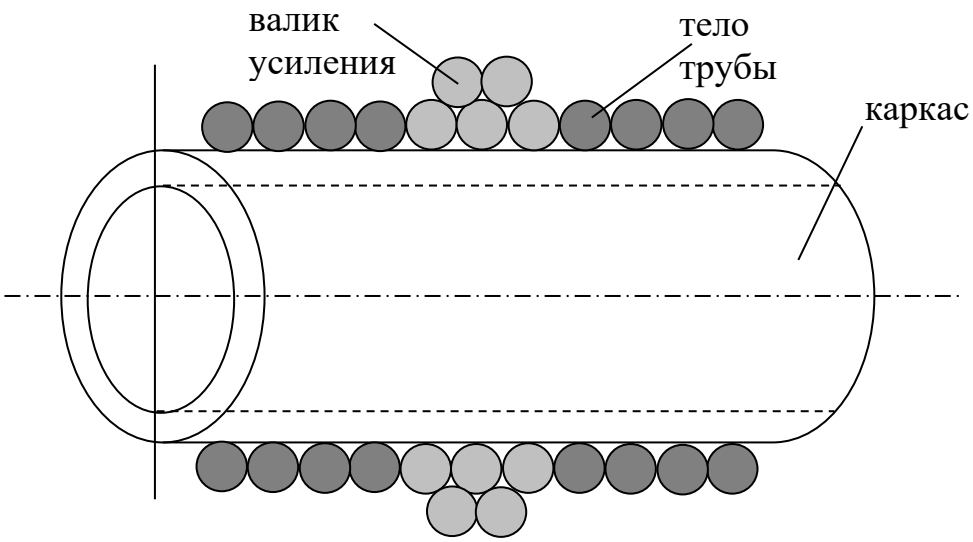


Рис.1. Эскиз физической модели сварного соединения.

Помещая данную модель в продольное электромагнитное поле, можно замкнуть имитирующие обмотки на образцовое сопротивление и с использованием вольтметра измерить индицированный в объекте контроля вихревой ток. Адекватность данной модели подтверждается проведенными расчетами в среде MatLab – PDE Tools.

УДК 621.34

АРТЕМЕНКО Д.И., ***АНИЩЕНКО Н.В.,*** канд. техн. наук, доц.

СЛЕДЯЩИЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ С КОМБИНИРОВАННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Одним из путей построения электропривода (ЭП) с высокими динамическими характеристиками является использование принципов инвариантного (адаптивного) управления, обеспечивающих требуемые качественные показатели не за счет увеличения частоты среза скоростного контура, а путем компенсации вынужденной составляющей переходного процесса, вызванной изменением возмущающих факторов.

Синтез инвариантной системы ЭП заключается в выборе ее структуры, определении требуемых связей и параметров ее элементов. Инвариантной по управлению или возмущению называется система автоматического регулирования, если после завершения переходного процесса, определяемого начальными условиями, ошибка системы не зависит от этого воздействия. Инвариантность системы обеспечивается за счет применения дополнительных корректирующих устройств.

Наиболее распространены две структуры систем комбинированного управления:

- с компенсацией ошибки по управлению (рис. 1);
- с компенсацией ошибки по возмущению (рис. 2).

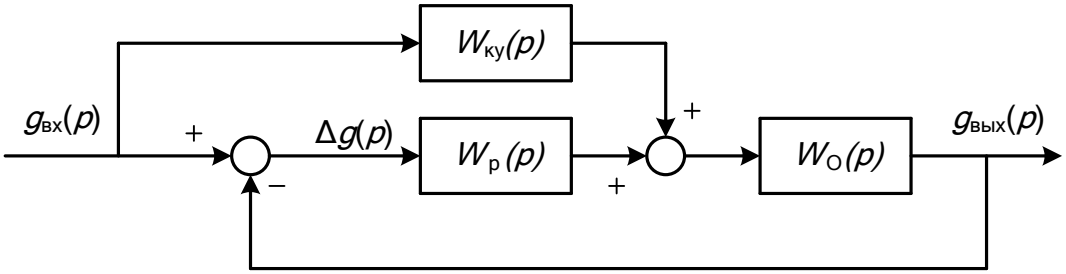


Рисунок 1 – Система с компенсацией ошибки по управлению

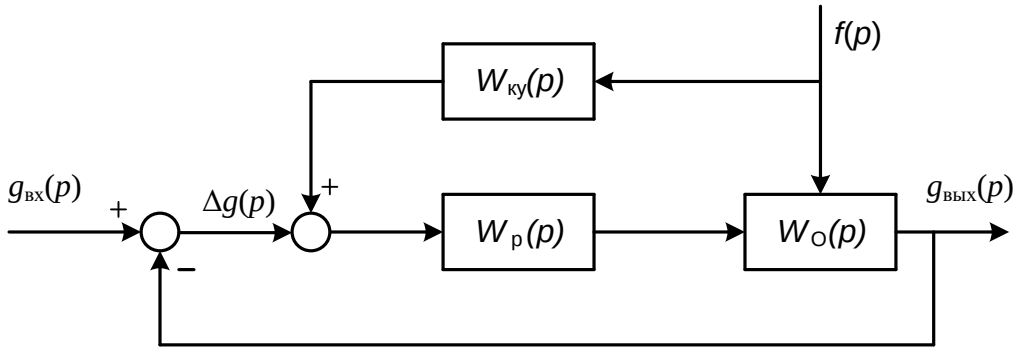


Рисунок 2 – Система с компенсацией ошибки по возмущению

Цель работы заключается в определении передаточной функции корректирующего устройства $W_{ку}(p)$ для обеспечения требуемого качества переходного процесса.

Список литературы: **1**. *Попов Е.П.* Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. М.: Наука, 1989. **2**. *Егоров В.Н., Шестаков В.М.* Динамика систем электропривода. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1983.

УДК 62-83-52

АСТАПОВ А.А., ***ОСИЧЕВ А.В.,*** проф.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ КОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ PROFIBUS-DP И AS-ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ПЕРИФЕРИЕЙ

При построении систем автоматического управления всё оборудование рекомендуется устанавливать централизовано в одном месте. Однако при значительных удалениях датчиков и управляемых объектов от системы авто-

матизации электрический монтаж может стать очень объемным и сложным, а электромагнитные помехи могут существенно уменьшить надежность работы.

Для таких установок наилучшим решением является построение системы с децентрализованной периферией: CPU контроллера находится в центральном пункте, а периферия работает децентрализовано на месте. Объединение всего оборудования в единую систему осуществляется за счёт высокопроизводительных коммуникационных систем. Благодаря высокой скорости передачи данных обеспечивается беспрепятственный обмен информацией между CPU и периферией.

Целью данной работы является анализ возможностей коммуникационных сетей PROFIBUS-DP и AS-интерфейс а также современного оборудования для построения систем с распределённой периферией (на примере станций ET 200M и LOGO!24 фирмы Siemens).

Современные системы автоматического управления строятся по иерархическому принципу, как показано на рисунке 1, согласно которому на разных уровнях используются разные коммуникационные сети в зависимости от решаемых ими задач.

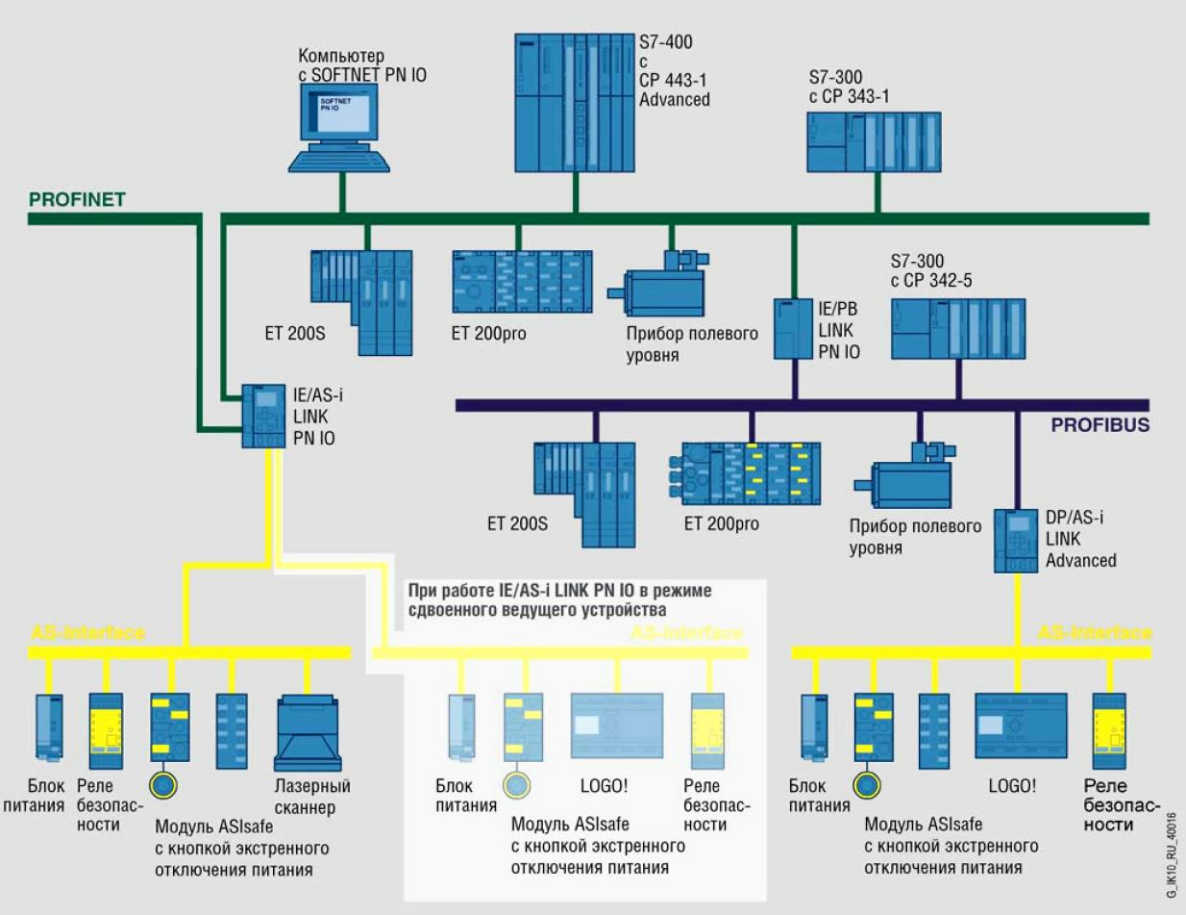


Рисунок 1. Коммуникационные сети в АСУ

Сеть PROFIBUS-DP обеспечивает передачу данных со скоростью до 12 мБод и является основной сетью среднего уровня. Ведущими устройствами

сети обычно являются программируемые логические контроллера, которые управляют технологическим процессом, ведомыми – преобразователи частоты и напряжения для подключения двигателей, различные датчики (в том числе цифровые датчики скорости и положения), устройства управления децентрализованной периферией, модули связи с сетями низшего и высшего уровня.

Коммуникационная сеть AS-интерфейс – сеть низшего уровня, она обеспечивает подключение дискретных и аналоговых датчиков, защитных реле и других управляемых аппаратов, а также служит для связи с простейшими программируемыми логическими контроллерами, такими как LOGO! Для подключения станций LOGO! к сети AS-интерфейс необходим коммуникационный модуль LOGO! CM.

В данной работе подробно рассмотрены станции ET 200M и LOGO!24 фирмы Siemens: архитектура, технические характеристики, возможные применения, конфигурирование и параметризация и т.д. Разработаны задания для лабораторных работ по изучению современного оборудования для построения систем автоматизации.

Список литературы: 1. *Вегман и Килиан* «Profibus DP и SIMATIC S7». **2.** *Ганс Бергер* «Автоматизация с STEP 7 с использованием LAD и FBD и программируемых контроллеров SIMATIC S7-300-400». **3.** Siemens AG Департамент автоматизации и приводов Промышленные системы автоматизации П\я 4848, D- 90327, Нюрнберг «Децентрализованная периферия ET 200M. Руководство»

***БОНДАРЕНКО Е.С.*, *ИЛЬИНА Н.А.*,** докт. техн. наук, проф.

СИСТЕМА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

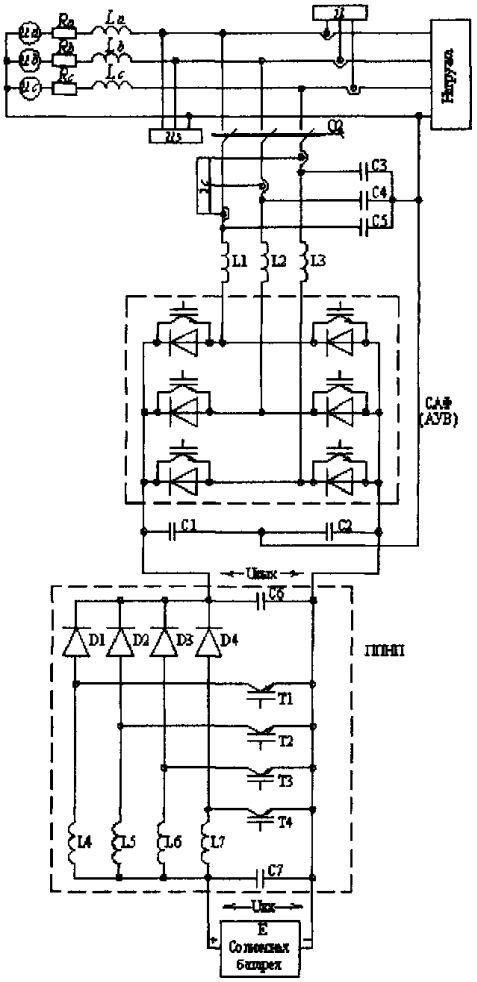
Рост стоимости энергоносителей все более обостряет проблему рационального энергопотребления локальных промышленных объектов: малых и крупных промышленных предприятий, торговых и офисных объектов, жилых и административных зданий. Значительные достижения в области современной силовой электроники, а также в области альтернативных источников энергии позволяют существенно повысить эффективность системы электроснабжения (ЭС) как за счет использования альтернативных источников энергии, так и за счет оптимизации структуры и режима работы ее элементов. Наряду с этим возможно существенное улучшение качественных показателей напряжения в системе ЭС.

В качестве альтернативного источника энергии в настоящее время используют солнечные батареи, гидроэлектростанции, ветровые генераторы.

Целью дипломной работы является разработка преобразователя для солнечной батареи с целью снижения энергопотребления локального промышленного объекта. Такой альтернативный источник как солнечная батарея является, пожалуй, одним из наиболее доступных. Но он является не основным, а вспомогательным элементом. Поэтому для обеспечения надежности работы локального объекта, как правило, необходим накопитель и резервный генератор электроэнергии, вступающий в работу при отказах в основной системе ЭС.

Неотъемлемой частью современной системы ЭС является активный управляемый выпрямитель (АУВ) (рис.1), через который соединяются промышленная питающая сеть, накопитель энергии и солнечная батарея.

Рис.1



Применение АУВ позволяет реализовать режим работы, при котором, может быть существенно увеличен КПД системы ЭС. Существует несколько режимов работы схемы. Поэтому система управления должна обеспечить корректную работу при любом режиме. Как с подключенной батареей, так и без (когда нет достаточно света). В случае недостатка освещенности солнечная батарея перестает заряжать конденсатор С и АУВ перестает отдавать энергию выработанную солнечной батареей в сеть. Нагрузка потребляет энергию только из сети. В этом случае АУВ только компенсирует реактивную мощность, высшие гармоники тока в сети, высокочастотные пульсации активной мощности и обеспечивает совпадение фазы тока с фазой напряжения. Компенсация достигается за счет поддержания системой управления АУВ постоянного напряжения на конденсаторе С.

При подключенной батарее после достижения определенного уровня освещенности, батарея начинает заряжать конденсатор С, и избыток энергии от батареи через преобразователь постоянного напряжения в постоянное (ППНП) и АУВ отдается в сеть. Используемый в схеме ППНП, выполнен как мостовой трехфазный АИН на силовых IGBT транзисторах, является повышающим, что позволяет сократить число последовательно подключенных солнечных батарей, что повышает КПД всей системы.

Между АУВ и промышленной питающей сетью устанавливается L-C-фильтр, предназначенный для подавления высокочастотной составляющей пульсаций напряжения на выходе АУВ.

На вход АУВ через ППНП подается постоянное напряжение солнечной батареи. Конденсатор C_1 и C_2 выполняет функции накопителя энергии в режиме работы АУВ как компенсатора пульсаций мгновенной активной мощности нагрузки.

Основной задачей при проектировании АУВ является задача создания наиболее эффективного алгоритма управления силовыми транзисторами, обеспечивающего выполнение требований к преобразовательным системам питающих сетей. Управление транзисторами моста может осуществляться либо с переменной частотой (двухпозиционное управление) либо с постоянной частотой модуляции (изменением коэффициента модуляции). Для синтеза систем управления АУВ широкое распространение получили современные теории мощности . Основной акцент при этом делается на упрощение системы управления: уменьшение количества датчиков, вычислителей и т.д.

Применение солнечных батарей в настоящее время экономически неоправданно, в среднем срок окупаемости на данный момент может составить 20-30 лет. Однако при повышении стоимости электроэнергии и снижении удельной стоимости солнечных батарей можно ожидать, что применение солнечных батарей станет рентабельным.

УДК 621.34

***БУРЯКОВСКИЙ А.С.*, *АНИЩЕНКО Н.В.*,** канд. техн. наук, доц.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА РУДНИЧНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

На рудничных и промышленных электровозах в последнее время применялись исключительно двигатели постоянного тока последовательного возбуждения. В сравнении с двигателями постоянного тока параллельного возбуждения и асинхронными двигателями электродвигатели последовательного возбуждения имеют следующие преимущества:

1) при одинаковых условиях движения и одинаковом нагрузочном токе двигатель последовательного возбуждения развивает больший вращающий момент; согласно этому при изменениях нагрузки он будет вызывать меньшие колебания мощности от потребляемой сети;

2) двигатель последовательного возбуждения обладает большим пусковым моментом и большей перегрузочной способностью;

3) нагрузка между двигателями последовательного возбуждения, которые работают параллельно на общую механическую систему, состоящую из

колесных пар, связанных между собой рельсами; распределяется более равномерно и их работа в таких условиях протекает более устойчиво.

Цель работы заключается в составлении математической модели электропривода постоянного тока с двигателем последовательного возбуждения, моделированнии электропривода переменного тока с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором в неподвижной системе координат, а также сравнительный анализ полученых результатов.

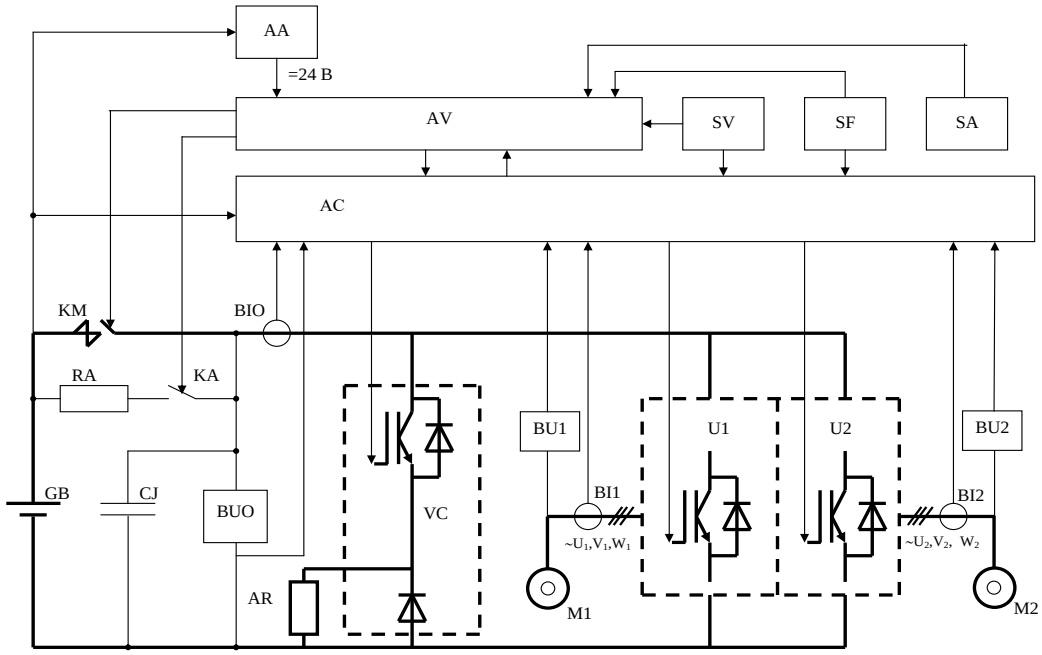


Рисунок 1 - Структура тягового электропривода переменного тока рудничного аккумуляторного электровоза

Список литературы: 1. *Волотковский С.А.* Рудничная электровозная тяга. — М.: Углетехиздат, 1951. **2.** Рудничный аккумуляторный электровоз АМ8. — Инструкция по эксплуатации. **3.** *С.Г.Герман-Галкин.* Компьютерное моделирование полупроводниковых систем. - СПб.: КОРОНА принт, 2007. **4.** *В.Е.Розенфельд* Теория электрической тяги – М.:Транспорт,1983.

УДК 62-83-52

ГОНЧАР А.С., КЛЕПИКОВ В.Б., докт. техн. наук, проф.

АНОМАЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЭСКАЛАТОРА МЕТРОПОЛИТЕНА ПО СИСТЕМЕ ТПН-АД.

Особенностью работы эскалаторов метрополитена является существенно переменный характер нагрузки. Так, при проведении исследований пассажиропотока и энергопотребления в харьковском метрополитене было установлено, что фактически средняя загруженность эскалаторных установок в

часы пик не превышает 20 – 30 %, а для некоторых станций 10 – 15 % от теоретически возможной пропускной способности эскалатора [1]. Приводной двигатель эскалатора, при этом, по требованиям «Правил устройств и безопасной эксплуатации эскалаторов» (ПУБЭЭ) выбирается исходя из максимально возможной загрузки [2]. В связи с этим двигатель работает с коэффициентом загрузки не превышающим 15 - 20 % даже в часы пик, что приводит к значительному снижению КПД.

Снизить энергопотребление недогруженного асинхронного двигателя можно за счет снижения питающего напряжения в функции нагрузки. Как показано в [3] в качестве электропривода эскалатора метрополитена целесообразно использовать систему тиристорный преобразователь напряжения – асинхронный двигатель (ТПН-АД). При малой загрузке эскалатора, для обеспечения регулирования напряжения углы управления тиристорами должны быть больше $90^o \div 120^o$. Как известно из литературы [4,5] при таких углах возможны возникновения режима автоколебаний. Целью данной работы является выяснение возможности возникновения неустойчивых режимов работы в разомкнутом электроприводе эскалатора метрополитена по системе ТПН-АД, оценить условия их возникновения применительно к параметрам ЭП и условиям работы эскалатора.

Для исследования системы ТПН-АД была составлена математическая модель с учетом особенностей работы тиристорного преобразователя и СИФУ структурная схема которой представлена на рисунке 1.

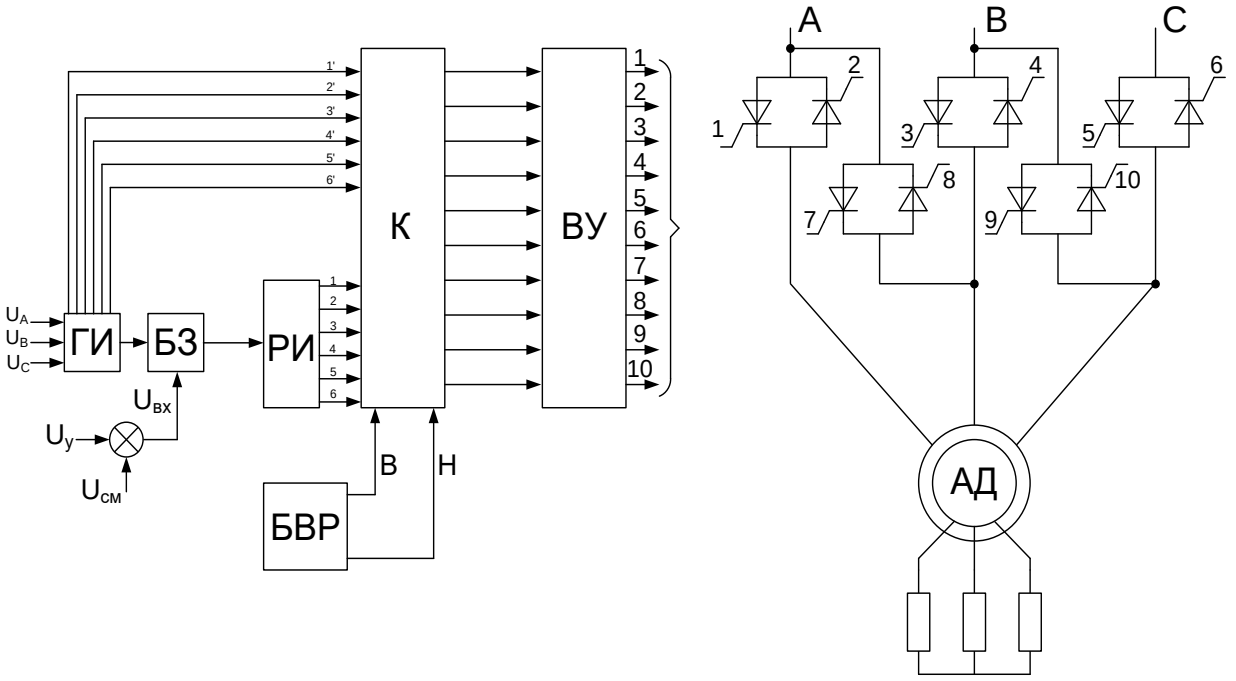
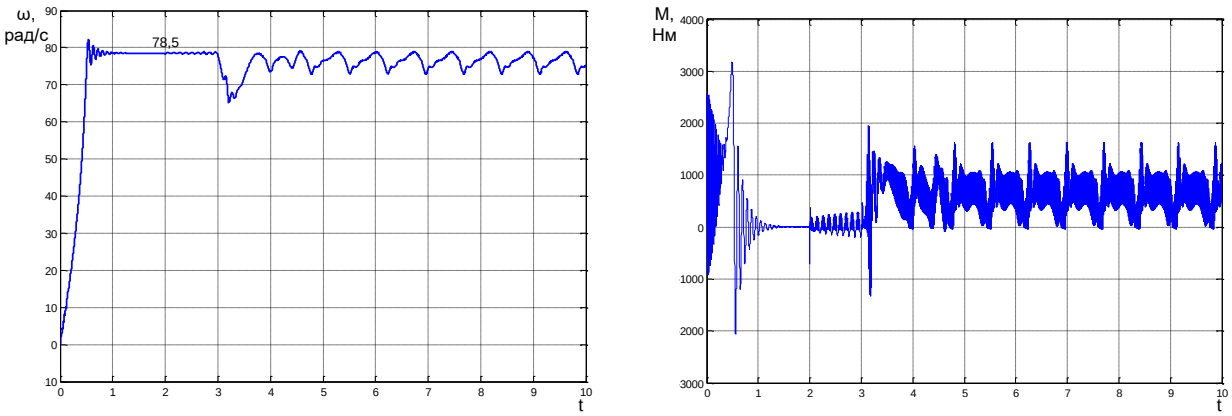


Рисунок 1 – Структурная схема электропривода эскалатора по системе ТПН-АД

Компьютерное моделирование системы производилось в среде Simulink пакета Matlab с использованием стандартной библиотеки SimPowerSystem, которая позволяет учитывать специфику работы тиристоров и СИФУ.

Результаты моделирования приведены на рисунках 2 и 3.



а) б)

Рис. 2. Переходные процессы скорости а) и момента б)
при J=Jд , α=90° и набросе нагрузки M=0,5Мн

Результаты моделирования показывают возможность возникновения автоколебательных режимов работы эскалатора метрополитена в условиях его эксплуатации при использовании разомкнутой системы ТПН-АД, что недопустимо. Таким образом представляется целесообразным применить замкнутый электропривод для устранения неустойчивых режимов работы. В качестве такого электропривода может быть использован ТПН-АД с fuzzy-регулятором, который будет решать не только задачи устранения автоколебаний, но и обеспечивать энергосберегающий режим работы при широком изменении нагрузки эскалатора.

Список литературы: 1. *Энергетический аудит* на ГП «Харьковский метрополитен». Отчет по третьему этапу работ. Инв. № 99-УЭ-3. **2.** *Правила устройства* и безопасной эксплуатации эскалаторов ПБ 10-77-94. **3. «***К выбору типа* энергоресурсосберегающего электропривода для эскалатора метрополитена»// Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика: Вестник НТУ »ХПИ» . Специальный выпуск. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2007, - С.137 – 139. **4.** *Андрющенко А.О* Требования к асинхронному электродвигателю и тиристорному преобразователю в электроприводе ТПН-АД. // Електромашинобудування та електрообладнання: Респ. міжвід. наук.-техн. зб. – 1998. Вип. 50. – С. **5.** Энергосберегающий асинхронный электропривод. Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / *И.Я. Браславский, З.Ш.Ишматов, В.Н. Поляков; под ред. И.Я. Браславского.* – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 256 с.

УДК 620.179

ГОРБАШОВА Г.Г, СКОПЕНКО В.В.,
ГОРКУНОВ Б.М., канд. тех. наук.

ВИХРОСТРУМОВИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТОЧЕЧНОГО ЗВАРЮВАННЯ

Зварювання є одним з основних технологічних процесів в сучасному

машинобудуванні. Зварювання – економічно вигідний, високопродуктивний і в значній мірі механізований і автоматизований технологічний процес. Контактне зварювання відноситься до термомеханічного класу зварювання, широко застосовується практично в усіх галузях машинобудування. Точечне зварювання – різновид контактного зварювання, при якому заготівки з'єднуються в окремих точках. В місцях зварювання утворюються дефекти двох типів: зовнішні і внутрішні. У зварювальних з'єднаннях до зовнішніх дефектів відносяться напливи підрізи, зовнішні недовари і несплави, поверхневі тріщини і пустоти. До внутрішніх – приховані тріщини і пустоти, внутрішні недовари, шлакові включення. До дефектів точкових з'єднань відносять неприпустимі відхилення в розмірах деталей і відстаней між точками, раковини, недовари, тріщини в ядрі, пористість, малий розмір ядра, випліскування, глибокі вм'ятини і налипання металу електродів, підплавлення, прожоги і вириви точок. Відсутність розплаву на одній з деталей може давати дефект типу "склеювання" (з малою кількістю загальних зерен в зламі).

Точкове зварювання застосовують переважно при з'єднанні листових деталей. Деталі, що зварюються, збирають внахлест, стискають між двома мідними електродами і пропускають електричний струм (від зварювального трансформатора). При протіканні струму виділяється теплота в деталях і електродах. У зв'язку з тим, що найбільший електричний опір має контакт між деталями, а електроди, як правило, охолоджуються водою і відводять теплоту з поверхні деталей, тому відбувається інтенсивний нагрів металу тільки в місці контакту. Тут метал розплавляється і з'являється рідке ядро, яке твердне після виключення зварювального струму, утворюючи зварну точку. У разі наявності литого ядра електропровідність в зоні останнього зменшується в порівнянні з електропровідністю основного металу. За наявності дефектів типу «злипання» або недовара електропровідність литого ядра приблизно дорівнює електропровідності основного металу.

На чутливість електромагнітного методу значний вплив має зазор між датчиком і поверхнею контрольованого виробу, а також їх взаємне розташування, форма і розміри. Із збільшенням зазора різко падає чутливість методу. Максимальний зазор, що допускається, не більш 5 мм. Структурна неоднорідність істотно знижує чутливість методу до виявлення дефектів. Цим методом вдається виявити поверхневі і підповерхневі тріщини глибина яких 0,1 – 0,2 мм і протяжністю більше 1 мм, розташовані на глибині 1мм.

Актуальності питань створення пристроїв надійного контролю якості саме точкового зварювання можна виділити наступні основні завдання для дослідження:

- створення теоретичної моделі вихрострумового перетворювача, розташованого над поверхнею об'єкту контролю;

- обґрунтування вибору контрольованих параметрів питомого електричного опору с і глибини кратера h точкового зварювання, які найповніше характеризують якість зварювання;

- одержати основні функції перетворення вихрострумового перетворю-

вача, які зв'язують електричні параметри перетворювача з параметрами c і h;

- визначення основних метрологічних характеристик вихрострумового перетворювача при контролі c і h.

Розглянемо модель вихрострумового перетворювача (ВСП) накладного типу, що складається з одного витка. Він розташований над плоским зразком, у поверхневому шарі якого наводяться вихрові струми. Представимо поверхневий шар зразка у вигляді плоскої котушки, витки якої щільно прилягають один до одного.

Для розрахунку задамо параметри теоретичної моделі. Обмотка, що намагнічує: радіус витка R_1=2,5 мм, виконаний з міді (c=1,75·10^{-8} Ом·м), діаметр дроту d=0,1 мм, відстань від площини зразка до витка z=1 мм. Зразок виконаний з немагнітного матеріалу – алюміній Д16Т (c=5,56·10^{-8} Ом·м), глибина проникнення магнітного поля у зразок д=0,1мм. В даному випадку використовуються два плоскі зразки, зварені точковим зварюванням, з товщиною 1мм виконані з немагнітних матеріалів. Над ними розташований вихрострумовий перетворювач, що складається з 5 вертикально-розташованих витків. У поверхневому шарі ВСП наводить вихрові струми. Розіб’ємо поверхневий шар на елементарні кільця. Та розглянемо взаємодію ВСП з поверхневим шаром деталі, яка зварена точеним зварюванням.

Припустимо, що діаметр зварювальної точки $d_т$ =5мм. Глибина зварювальної точки при якісному зварюванні не повинна перевищувати 20% від товщини зварювального матеріалу. Тому розглянемо три випадки, коли h=0,1мм – недовар; h=0,2мм – норма; h=0,5мм – прожог. Для прикладу візьмемо матеріал мідь М2 (c=1,75·10^{-8} Ом·м). Під час точкового зварювання зразок в місці зварювання нагрівається і стискається електродами, відповідно в цьому місці зміниться структура матеріалу з якого він виготовлений і питомий електричний опір. Розглянемо зміну Zекв при збільшені c на 5% і 10% у місці зварювання для двох матеріалів, глибина зварювальної точки h=0,2мм.

Зразок з міді М2 c=1,75 ·10^{-8} Ом·м. Збільшимо c на 5% і 10%, одержимо c=1,85·10^{-8} Ом·м і c=1,95 ·10^{-8} Ом·м відповідно. Для вимірювань складових опору перетворювача застосовується схема мосту змінного струму по Максвелу, яка дозволяє проводити точні вимірювання $Z_{екв}$ ($L_{екв}$ та $R_{екв}$).

***ДУБИНИН А.А.*, *ШИШКИН М.А.*,** доц.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ НОРМЫ ЧЕЛОВЕКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕЕ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА

Растущая сложность «человеко-машинных систем» («ЧМС») все в большей степени обостряет вопрос «человеческого фактора». Увеличение числа аварий и катастроф по вине человека требует создания надежных си-

стем диагностики контроля за состоянием человека-оператора в процессе выполнения им профессиональной деятельности.

Поэтому было принято решение по разработке методики определения индивидуальной нормы функционального состояния человека и зоны функционального оптимума.

Функционирование любого организма либо отдельного его органа можно представить как проточную систему. Сущность проточной системы или («хемостата» либо «проточного культиватора») заключается в том, что производительность любой системы зависит от нескольких факторов, таких как: исходный субстрат, поток обновления субстрата, скорость использования субстрата, компоненты насыщения, коэффициента экономичности преобразования субстрата и полученного продукта (результата)

Вариации определяющих параметров и соответствующие периодические колебания их активности для каждого уровня производительности имеют различный характер проявления. Особенности проявления этих колебаний позволяют установить текущее состояние целостной системы контролируя вариацию лишь одного параметра.

На основании данной модели проточного «хемостата» была разработана методика контроля и оценки текущей активности функциональной системы. В качестве объекта исследования была выбрана сердечно-сосудитстая система и в частности электрокардиографический контроль за ее состоянием.

Выбор данной методики был определен ее доступностью в использовании и широким применением в практической деятельности.

Из всей информации, которую несет ЭКГ выбрана только продолжительность RR интервала, что характеризует частоту сердечных сокращений.

Так как анализ работы модели позволили выявить особенности вариации сигнала относительно состояния системы и его вариацию при изменении состояния, то для осуществления оценки текущего состояния системы в реальном масштабе времени была разработана методика, основанная на этих особенностях.

Сущность данной методики заключается в том, чтобы относительно каждого конкретного RR интервала выбирать последующий и соотносить их между собой.

$$x_2 - x_1 = \Delta_1;\ x_2 = x_1 + \Delta_1$$

$$x_3 - x_2 = \Delta_2;\ x_3 = x_2 + \Delta_2;\ x_3 = x_1 + \Delta_2 + \Delta_1;\ x_3 = x_1 + \sum_{1}^{n-1} \Delta_i$$

$$x_4 - x_3 = \Delta_3;\ x_4 = x_3 + \Delta_3;\ x_4 = x_1 + \Delta_3 + \Delta_2 + \Delta_1;\ x_4 = x_1 + \sum_{1}^{n-1} \Delta_i$$

...

$$x_n - x_{n-1} = \Delta_{n-1};\ x_n = x_{n-1} + \Delta_{n-1};\ x_n = x_1 + \Delta_{n-1} + \Delta_{n-2} + ... + \Delta_2 + \Delta_1;\ x_n = x_1 + \sum_{1}^{n-1} \Delta_i$$

X – величина интервала RR

Δ- величина приращения

Для определения порядкового номера интервала, которому соответствует текущее приращение, используют формулу

, $$\frac{\sum_{1}^{n-1}\Delta_i}{\Delta m}$$

где Δm – шаг измерения.

Тогда общее выражение будет иметь вид

$$x_1 + \frac{\sum_{1}^{n-1}\Delta_i}{\Delta m} \in \tilde{o}_j .$$

В процессе обработки сигнала происходит накопление приращений длины RR интервала в один шаг, после чего строится распределение приращений и производится его аппроксимация.

Как показали результаты экспериментальных исследований, при аппроксимации получается часть кривой нормального распределения. Матожидание этого распределения отражает состояние системы, обладающее наибольшей устойчивостью, а область в ±σ соответствует зоне функционального оптимума.

Представленная закономерность отражает норму поведения частотной характеристики, однако по полной аналогии можно провести анализ амплитуды зубцов, их площади, выбрать другой интервал. Во всех случаях отмечается одинаковая закономерность.

Представленная методика по вариации одного, любого доступного для контроля, параметра оценить текущее состояние индивида в реальном масштабе времени.

Использование данной методики позволяет обеспечить непрерывный контроль за человеком-оператором в процессе непосредственного выполнения функциональной деятельности.

УДК 621.313.2

КОЗОРЕЗОВ А.М., ***ЕГОРОВ Б.А.,*** канд. техн. наук, доц.

ПОВЫШЕНИЕ РАБОЧЕГО МАГНИТНОГО ПОТОКА ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ ГЛАВНОГО ПОЛЮСА ПРЕДЕЛЬНО НАГРУЖЕННОГО ДПТ

Для магнитного расчёта самыми сложными являются синхронные машины и машины постоянного тока, поскольку в их магнитных системах применяется неравномерный зазор. В результате магнитное поле должно замы-

каться через меньшее количество материалов, что приводит к рассеиванию и падению мощности преобразователя. Наиболее явно эти процессы прослеживаются в машинах постоянного тока. На полюсе машин постоянного тока кроме обмотки возбуждения расположена ещё и компенсационная обмотка, в которых протекает ток якорной обмотки, что повышает насыщение магнитной системы.

При проектировании машин, а тем более серий машин нужно максимально точно рассчитать магнитную систему и определить узкие места в ней. В дальнейшем это поможет уменьшить вредное воздействие от потоков рассеивания, уменьшить расход материала и повысить коэффициент полезного действия преобразователя.

До сих пор не разработана простая и точная методика расчёта магнитных полей, по этому приходится использовать числовые методы расчёта магнитных полей. Такие методы дают только приближенные результаты и требуют ограничения областей расчёта. Но этих результатов достаточно для примерного определения параметров магнитной системы и нахождения её узких мест.

В настоящий момент самым распространённым методом магнитного расчёта является метод конечных элементов.

На рис.1 приведено распределение индукции в листе главного полюса двигателя постоянного тока серии 4П280 полученные МКР.

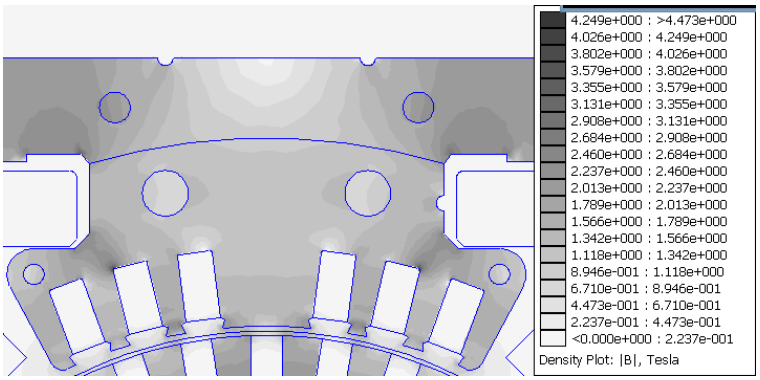


Рис.1 Распределение магнитной индукции

Как видно из результатов расчёта, самое узкое место находится на повороте магнитного поля к крайним зубцам. Этот факт был учтён на этапе проектирования и привел к изменению конструкции магнитопровода и крепления обмоток.

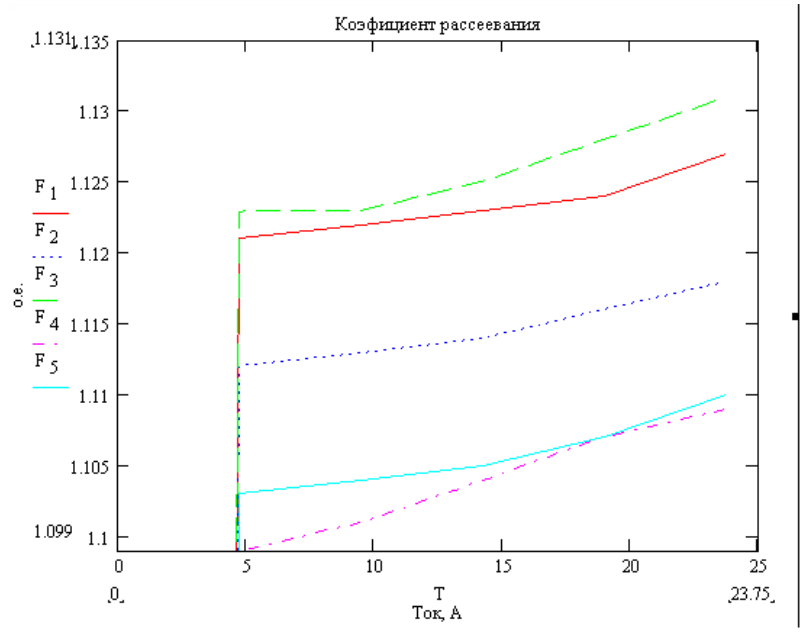


Рис.2 Коэффициент рассеивания

Для определения оптимальной формы листа главного полюса был произведен расчет коэффициента рассеивания. Результаты расчета приведены на рис.2. Кривая F_1 показывает коэффициент рассеивания главного полюса. Кривые F_2 – F_5 показывают коэффициент рассеивания для 4-х вариантов листа главного полюса. Отличие листов заключается в количестве и расположении пазов компенсационной обмотки.

Как видно из кривых, вариант F_4 имеет наименьшее рассеивание. Оптимальная форма листа главного полюса приведена на рис.3.

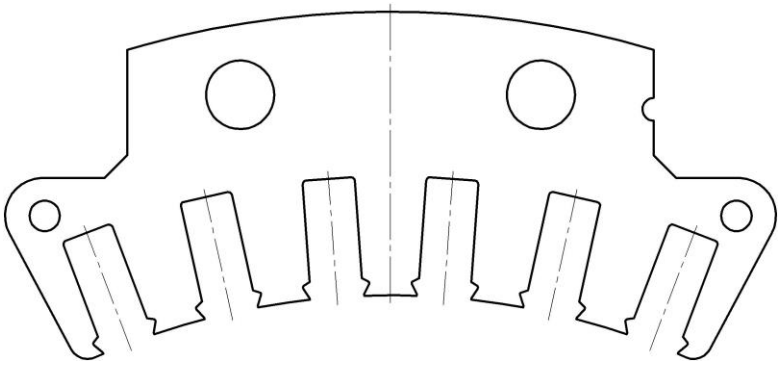


Рис.3 Оптимальная форма листа главного полюса

КРЫЛОВА М.А.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ УСТАНОВКИ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА

В последнее время всё чаще заходит речь об экономии природных ресурсов, в частности, энергоносителей. Известно, что до 80% всей

потребляемой энергии приходится на промышленность, где, в свою очередь, основными потребителями являются металлургические производства.

Современная металлургия позволяет получать металлы и сплавы с высокими эксплуатационными характеристиками, однако существуют дефекты макроструктуры, связанные с кристаллизацией, усадочными и ликвационными процессами, которые не могут быть устранены даже при рациональных конструктивных и технологических параметрах производства. Предотвратить образование или подавить развитие вышеперечисленных дефектов возможно с помощью создания управляемого принудительного движения жидкой фазы кристаллизующегося слитка, в частности, с помощью электромагнитных сил.

Электромагнитный перемешиватель в состоянии обеспечивать интенсивное объемное воздействие на расплав, исключающее застойные зоны. Он представляет собой индукционную систему, состоящую из двух индукторов, оси которых расположены взаимоперпендикулярно. В промежутке между индукторами, внутри термоизоляционного контейнера, располагается емкость с расплавленным металлом. Возникающее при протекании в индукторе переменного электрического тока поле увлекает за собой расплав, приводя его во вращательное движение.

В данной работе производится выбор оптимальной с точки зрения рабочих характеристик системы питания для установки перемешивания жидкого металла. Питание подобных установок осуществляется посредством подключённого к промышленной сети преобразователя частоты. Его основные особенности:

- работа на нагрузку с большой индуктивностью, и, как следствие, наличие большой реактивной мощности;
- большой ток нагрузки;
- низкая частота на выходе.

Учитывая специфику работы преобразователя, целесообразно уделить особое внимание его энергоэффективности и коэффициенту полезного действия.

УДК 620.179

ЛІСОБИК Д.В.**, ГОРКУНОВ Б.М.,** канд. техн. наук

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНДУКТИВНОГО ДАТЧИКА ПЕРЕМІЩЕННЯ

Принцип дії індуктивних перетворювачів заснований на залежності індуктивностей чи взаємної індуктивності обмоток магнітопроводу від положення, геометричних розмірів і магнітного стану елементів їх магнітного ланцюга. Тобто індуктивний перетворювач являє собою котушку індуктивності

або взаємної індуктивності, параметри якої змінюються під впливом вхідної фізико-механічної дії.

Вимірювальні фізичні величини можуть впливати на змінення індуктивності котушок. Так же як у випадку з змінного активного опору (резистору), змінна індуктивність використовується для змінення параметрів електричного ланцюга, який включено електричну схему моста змінного струму. З урахуванням природи індуктивності, цей ланцюг повинен підключатися до джерела змінного струму.

В роботі запропонована конструкція індуктивного перетворювача переміщення у якого чутливим елементом являється механічна пружина виготовлена з сталевого дроту. Знайдено основну функцію перетворення, яка поєднує механічне переміщення пружини під дією сили із зміною індуктивності котушки. Запропоновано побудову індуктивного перетворювача на основі автогенераторних схем з ємнісною три крапкою.

Отримано залежність зміни частоти автогенератора від зміни індуктивності перетворювача, а значить і переміщення. Для зменшення впливу зовнішніх факторів та похибки вимірювання запропонована диференційна схема включення двох автогенераторів з однаковими індуктивними перетворювачами.

Крім того за рахунок індуктивного перетворювача у диференційній схемі, підвищується чутливість в два рази.

Таким чином індуктивні перетворювача можливо використовувати для вимірювання малих та середніх переміщень до 10 мм, а також для вимірювання сили, тиску та пов’язаних з ними фізичних величин, які перетворюються в механічні переміщення.

Якщо вибрати котушку з параметрами: кількість витків W = 20, товщиною дроту $d = 5 \cdot 10^{-4}$ мм, діаметр витка котушки $D = 1{,}3 \cdot 10^{-2}$ мм. В такому разі індуктивність котушки $L = 1{,}393 \cdot 10^{-3}$ Гн, а її активний опір R = 0,833 Ом.

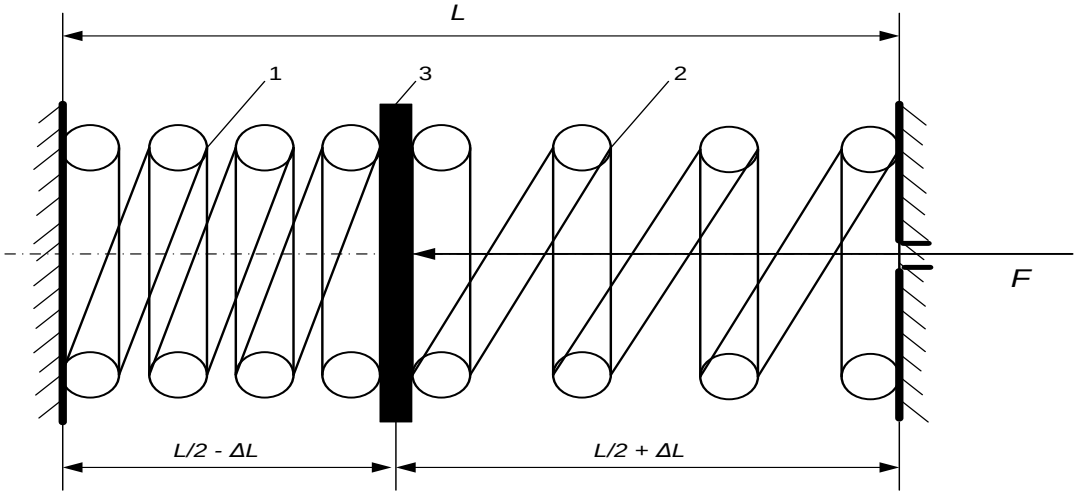


Рис 1 Зовнішній вигляд чутливого елементу перетворювача
F – сила під впливом якої відбуваються пружні деформації пружин.
1 – котушка яка стискається під впливом сили F; 2 – котушка яка розтягується під впливом сили F; 3 – обмежувальна перетинка.

На Рис 2 приведена схема включення індуктивного перетворювача в диференційному варіанті у спрощеному вигляді (без ланцюгів живлення та корекції). Генератори Г1 і Г2 побудовані за схемою еміторної три крапки.

Якщо задати частоту кожного генератора, коли відсутня дія сили на перетворювач (F = 0), в 10 мГц, то для деформованої котушки індуктивності, коли F = 0, отримано загальну зміну частот на виході перетворювача, яка дорівнюватиме 2 мГц, тобто чутливість перетворювача становить $4 \cdot 10^5$ Гц/мм.

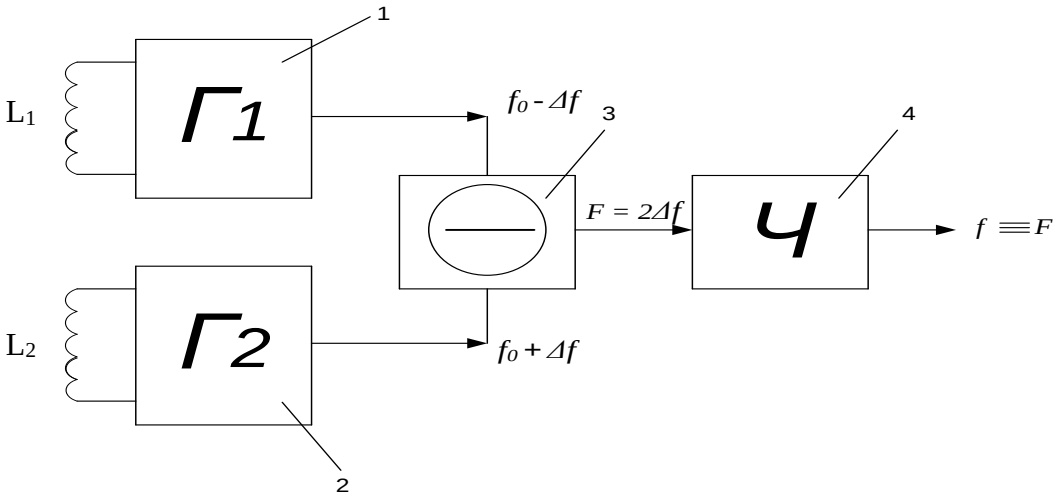


Рис 2 Диференційна схема включення перетворювача

На основі розглянутих методів побудови перетворювачів переміщення запропонований індуктивний датчик переміщення у якого сам чутливий елемент є індуктивність у вигляді механічної пружини, яка змінює свої геометричні параметри, рід дією зовнішніх сил.

На основі запропонованої моделі отримані основні функції перетворення, які пов’язують електричні параметри (індуктивність, добротність) чутливого елементу з величиною зміни його геометричних параметрів.

Запропонована диференційна схема включення індуктивними перетворювачами з метою підвищення двох автогенераторів з чутливості та зменшення впливу зовнішнього середовища.

УДК 62-83:621.313.333

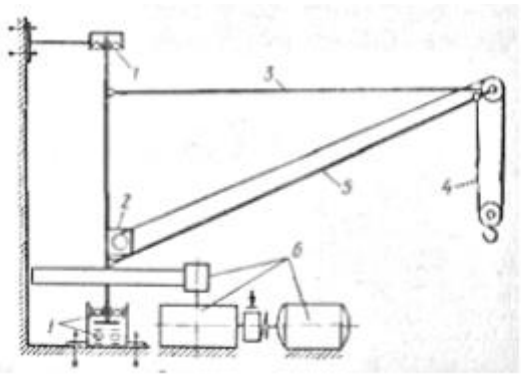
МАКАРЕВИЧ Е.В., ШАМАРДИНА В.Н., канд. техн. наук, доц.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СТРЕЛОВОГО ПОВОРОТНОГО КРАНА В SIMMECHANICS

При эксплуатации стреловых кранов технологические факторы обуславливают требуемые динамические качества электропривода. Исследование переходных режимов кранов позволяет определить

закономерности возникновения динамических нагрузок и решить задачу их оптимизации. Крановый электропривод должен обеспечивать высокую плавность пуска и остановки всех механизмов крана, регулирование скоростей подъема, опускания и перемещения груза в широких пределах без раскачивания.

Работа направлена на разработку концептуальной блок-схемы связей с использованием пакета SimMechanics, согласно которой проектируется максимально приближенная к реальному физическому объекту Simulink-модель механической системы крана для анализа и оптимизации динамических процессов.



На кинематической схеме (рис.1) вращающаяся колонна опирается на радиальные подшипники 1, несущая стрела 5 с грузовым полиспастом 4 поддерживается тягой 3, механизм подъема груза - 2, механизм поворота крана - 6.

Рис. 1 Кинематическая схема стрелового крана

На раскачивание груза оказывает влияние совместная работа электропривода механизма поворота платформы со стрелой и электропривода механизма подъема груза. При моделировании таких взаимосвязанных сложных электромеханических систем обычно используется классический подход, при котором выполняется приведение к валу одного электродвигателя масс, моментов инерции, сил и усилий вращающихся и поступательно движущихся отдельных звеньев кинематической цепи. В этом случае исследование поведения элементов механической части электропривода при учете ее многочисленных параметров затруднено. В пакете Matlab это возможно при использовании пакета расширения SimMechanics для моделирования механических систем с помощью универсальных блоков его библиотеки. Комплексная компьютерная модель, созданная на базе Simulink и SimMechanics, позволяет наглядно показать процессы, протекающие как в механической, так и в электрической части электропривода с учетом взаимного влияния электроприводов отдельных механизмов и внешних, в том числе случайных, факторов. В этом случае полученная модель является достаточно сложной, но такой подход дает возможность приблизить детализированную компьютерную модель к физическому объекту, особенно на стадии проектирования.

Список литературы: 1. *Ключев В.И.* Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: Учебник для вузов.– М.: Энергия, 1980.– 360 с., ил. **2.** *Дьяконов В.П.* Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.: ил. **3.** *Герман-Галкин С.Г.* Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.

УДК 621.313.2

МАЛЕЕВ А.М.**, ЕГОРОВ Б.А.,** канд. техн. наук, доц.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕЧЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ КАНАЛОВ НА ТЕМПЕРАТУРУ НАГРЕВА ДПТ В СРЕДЕ SIMULINK

Для получения лучших характеристик новых серий машин, нужно применять меры для интенсификации теплоотдачи и снижения их температуры. Выбор конструктивных мероприятий базируется на тепловом расчете, который дает возможность вычислить распределение температуры в машине и оценить влияние на него различных факторов.

С этой точки зрения проведен анализ влияния изменения сечения вентиляционных каналов в двигателе постоянного тока (ДПТ) на общую картину нагрева. В исследовании изменялось число каналов, их диаметр и, естественно, форма.

Источниками тепла в электрической машине постоянного тока являются обмотка якоря, обмотки возбуждения главных и добавочных полюсов, компенсационная обмотка и активная сталь. Тепловой поток от них благодаря внутренней теплопроводности и теплопередаче поверхностей (в частности, вентиляционных каналов), соприкасающихся с охлаждающей средой, отводится в охлаждающую среду.

Перепад температуры между охлаждающей средой и поверхностью зависит от количества тепла, выделяющегося с поверхности, площади поверхности охлаждения и коэффициента теплоотдачи. Коэффициент теплоотдачи зависит от состояния поверхности (лакированные поверхности рассеивают тепло в среднем на 45% больше, чем чисто металлические поверхности), скорости обдувания ее, и среды.

Тепловая схема замещения якоря ДПТ выглядит так (рис. 1.)

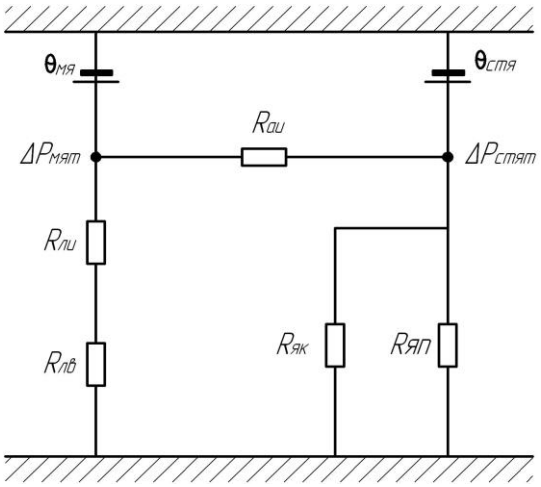


Рис.1 Тепловая схема замещения якоря ДПТ

Комбинируя возможности Simulink и SimPowerSystems возможно выполнять различные виды анализа таких схем. Была смоделирована тепловая схема замещения ДПТ, с заменой в блоках электрических величин на тепловые:

Перепад температуры θ – заменяется источником постоянного напряжения;

Тепловой поток ΔP_m – электрическим током;

Тепловое сопротивление R – электрическим сопротивлением.

К сожалению, манипулировать диаметром каналов и их числом в широком диапазоне, нельзя по нескольким причинам:

- при слишком больших размерах и количестве каналов ухудшается механическая прочность якоря

- неоправданное увеличение отверстий в магнитопроводе машины (в якоре) приведет к ухудшению магнитных характеристик двигателя, так как величина спинки якоря оговаривается еще в магнитном расчете, а, значит, там же и закладываются проектируемые размеры и количество вентиляционных каналов.

Проблема с механической прочностью при необходимости увеличения площади сечения аксиальных вентиляционных каналов решается с помощью перегородок поперек отверстия. Отверстия такой формы получают уже на стадии штамповки. Также возможно изготовление двойного ряда аксиальных каналов.

Также очевидно, что лак, нанесенный на поверхность стали, повышает коэффициент теплоотдачи поверхности. Особенно, если поперек листа (вдоль канала) идет лак 20 мкм + масло 1 мкм. Это еще более улучшит теплоотдачу через вентиляционные каналы.

Были проанализированы 3-угольная форма канала и 5-угольная (треугольник и пятиугольник, описаны вокруг окружности с диаметром стандартного аксиального вентиляционного канала для выбранного габарита ДПТ 4П 280). Изменение положительно повлияло на отвод тепла. И в большей мере 3-угольная, нежели 5-угольная, потому что 5-угольная больше приближается к окружности, чем 3-угольная.

Таблица 1. Результаты расчетов

№ п/п	Изменение	$R_{як}$	$\theta_{мя}$
1	База	0,031	91,35
2	число каналов	0,025	87,24
3	диаметр каналов	0,0188	81,76
4	5-угольная форма	0,027	88,72
5	3-угольная форма	0,0189	81,91

УДК 621314.58

МАЛЯРЕНКО Е.А.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АВТОНОМНЫХ ИНВЕРТОРАХ МЕТОДОМ ОТОБРАЖЕНИЯ НА КОМПЛЕКСНУЮ ПЛОСКОСТЬ

1. Введение

Область применения преобразовательной техники непрерывно растет. В ряду задач, связанных с анализом работы преобразователей, важное место занимает исследование переходных процессов. Сложность анализа переходных процессов в автономных инверторах заключается в том, что любой инвертор работает в режиме повторяющихся переключений. При этом возникает необходимость учета начальных параметров в каждом такте. В общем случае после каждого переключения реализуется новый переходный процесс, отличный от предыдущего измененными параметрами схемы и новыми начальными значениями переходных величин. В том случае если такты имеют одинаковую длительность, а параметры схемы изменяются периодически, можно назвать данное состояние системы квазиустановившимся.

2. Общие принципы отображения переходного процесса на плоскость комплексного переменного

Изменение переменной величины во времени можно показывать не только в координатных осях время-значение величины. Если данное изменение имеет периодический характер, целесообразно применять другой способ графического изображения переходного процесса: некоторая точка перемещается на плоскости таким образом, что ее проекция на ось ординат попрежнему определяет значение переменной величины, а время пропорционально углу поворота в положительном направлении радиус-вектора, проведенного из начала координат в эту точку.

3. Отображение на комплексную плоскость переходных процессов в автономных инверторах, общий подход

4.Моделирование переходных процессов в однофазном инверторе.

5.Моделирование переходных процессов в трехфазном инверторе.

6.Обеспечение переходных процессов конечной длительности, определение условий ПКД.

УДК 62-83-52

МАМАЙ О.А., ***АКИМОВ Л.В.,*** докт. техн. наук, проф.

СИНТЕЗ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С НЕУСТОЙЧИВЫМ ДВУХМАССОВЫМ ОБЪЕКТОМ

Механическая характеристика нагрузки электромеханической системы на основе электропривода (ЭП) постоянного и переменного тока с неустойчивым объектом содержит, так называемый, «падающий» участок. На котором увеличение скорости механизма сопровождается снижением момента нагрузки [1]. В представленной работе в качестве такого объекта использован спирально-винтовой транспортер (СВТ). Ниже приведена его механическая характеристика (рис.1).

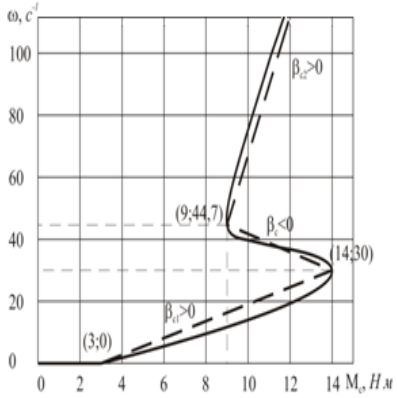
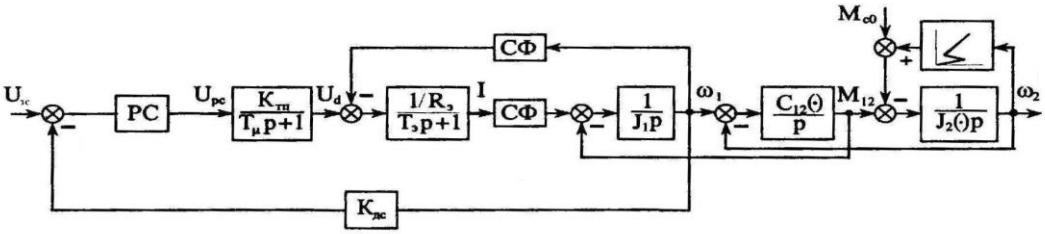


Рисунок 1 – Механическая характеристика нелинейной нагрузки СВТ (сплошная) и её линеаризация (пунктирная)

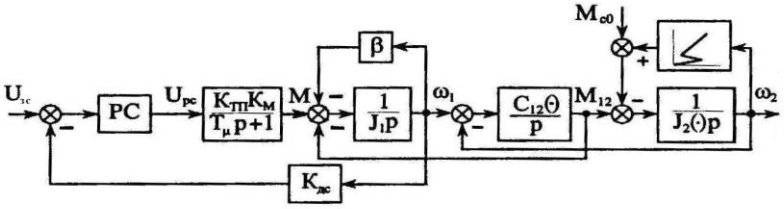
Структурные схемы указанных ЭП при регулировании скорости приведены на рис.2.

В объектах с подобной характеристикой (нагрузкой) возможны автоколебательные режимы, которые возникают из-за динамической неустойчивости системы на «падающем» участке. Кроме того ЭП становится статически неустойчив.

При сохранении структуры системы подчиненного регулирования (СПР), в данном случае применяют регуляторы скорости полного и пониженного порядков.



а)



б)

Рисунок 2 – Структурные схемы СВТ с системами ЭП: а) ТП-Д; б) ТПН-АД

Для их синтеза рекомендуется использовать полиномиальный метод. При этом используется упрощенная структура (отсутствует контур тока) [2]. Рекомендуемый метод в равной степени эффективен для синтеза ЭП постоянного тока (ТП-Д) с передаточной функцией объекта регулирования:

$$W_{об}(p)=\frac{U_{ОС}(p)}{U_{РС}(p)}=\frac{K_0\cdot\left(\frac{\gamma}{\Omega_{12}^2}\cdot p^2-\frac{|\beta_C|}{c_{12}}\cdot p+1\right)}{[(T_э+T_\mu)\cdot p+1]\cdot\left(\frac{T_C}{\Omega_{12}^2}\cdot p^3-\frac{\gamma}{(\gamma-1)\cdot\Omega_{12}^2}\cdot p^2+T_C\cdot p-1\right)},$$

где $K_0=\frac{K_{ТП}\cdot C\cdot\Phi\cdot K_{ДС}}{R_э\cdot|\beta_C|}$; $\gamma=\frac{J_1+J_2}{J_1}$; $\Omega_{12}^2=\sqrt{\frac{c_{12}\cdot\gamma}{J_2}}$; $T_C=\frac{J_1+J_2}{|\beta_C|}$

и для ЭП переменного тока (ТПН-АД) с передаточной функцией объекта:

$$W_{об}(p)=\frac{U_{ОС}(p)}{U_{РС}(p)}=\frac{K_0\cdot\left(\frac{\gamma}{\Omega_{12}^2}\cdot p^2-\frac{|\beta_C|}{c_{12}}\cdot p+1\right)}{(T_\mu\cdot p+1)\cdot\left(\frac{T_M}{\Omega_{12}^2}\cdot p^3+\frac{\gamma}{\Omega_{12}^2}\cdot\left(1-\frac{|\beta_C|}{|\beta|\cdot(\gamma-1)}\right)\cdot p^2+\left(T_M-\frac{|\beta_C|}{c_{12}}\right)\cdot p+\left(1-\frac{|\beta_C|}{|\beta|}\right)\right)},$$

где $K_0=\frac{K_{ТП}\cdot K_M\cdot K_{ДС}}{|\beta|}$; $\gamma=\frac{J_1+J_2}{J_1}$; $\Omega_{12}^2=\sqrt{\frac{c_{12}\cdot\gamma}{J_2}}$; $T_C=\frac{J_1+J_2}{|\beta|}$.

Следует отметить, что структура и параметры механической части ЭП, а также участок нагрузки, на котором он работает, изменяются в зависимости от режимов работы СВТ и условий дозирования различных материалов [3].

Компьютерные исследования обеих систем проведены для всех режимов работы СВТ.

В результате доказана целесообразность использования упрощенных структур ЭП постоянного и переменного тока за счет отказа от контура тока

и обосновано применение метода полиномиальных уравнений для синтеза передаточных функций регуляторов двухмассовых электромеханических систем с упрощенной структурой, работающих при нелинейном характере реактивной нагрузки, включающем падающие участки, приводящие к исходно неустойчивому объекту управления.

Список литературы: 1. *Гевка Б.М., Рогатынский Р.М.* Винтовые подающие механизмы сельскохозяйственных машин. – Львов: Высшая школа, 1989. – 175 с. **2.** *Акимов Л.В., Долбня В.Т., Клепиков В.Б, Пирожок А.В.* Синтез упрощенных структур двухмассовых электроприводов с нелинейной нагрузкой //Под общей редакцией В.Б.Клепикова. – Харьков: НТУ «ХПИ», Запорожье: ЗНТУ, 2002. – 160 с. **3.** *Пирожок А.В.* Разработка и обоснование алгоритма управления винтовым дозатором на базе динамической модели комплектного электропривода //Техника в сельскохозяйственном производстве: // Труды ТГАТА. – Т.3. Вып.1. – Мелитополь: ТГАТА, 1997. С.23-25.

УДК 621.313

МЕЛЬНИЧЕНКО М.С., МИЛЫХ В.И., докт. техн. наук, проф.,
ШИЛКОВА Л.В.

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЯВНОПОЛЮСНОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА

Основные процессы в электрических машинах (ЭМ) осуществляются через магнитное поле (МП). С развитием вычислительных средств стало возможным облегчить непосредственный расчет МП, а также проводить его с большей точностью [1].

Численные расчеты магнитных полей в ЭМ могут эффективно проводиться методом конечных элементов (МКЭ). Существуют программы, которые позволяют это сделать как в двухмерной, так и трехмерной постановке.

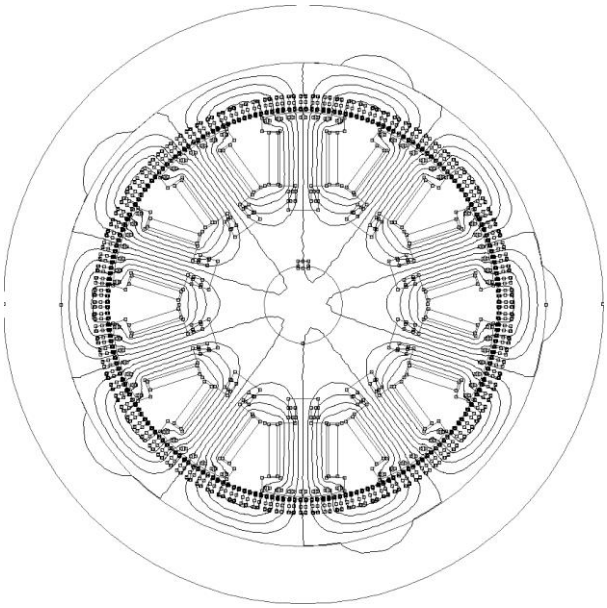


Рис. 1. Общий вид СГ и картина магнитного поля в режиме ХХ

Цель данного исследования – анализ магнитных полей явнополюсного синхронного генератора (СГ) в режиме холостого хода (ХХ) численно-полевым методом на основе двухмерной модели. В качестве такого был выбран генератор со следующими техническими данными: полная номинальная мощность S_N=750 кВА, частота вращения n_r=600 об/мин, напряжение U_N=6,3 кВ. Данный тип генерато-

ра предназначен для эксплуатации на стационарных электростанциях с приводом от двигателей внутреннего сгорания. Машина принадлежит 17-му габариту: внутренний диаметр статора d_s=1150 мм и внешний d_{se}=1430 мм, полная длина статора l_s =290 мм. Сердечник статора выполнен из листов электротехнической стали марки 2312 толщиной 0,5 мм. Пазы открытые прямоугольной формы, количество пазов Q_s=108. Воздушный зазор под серединой полюса δ=6,9 мм, под краями δ_{max}=10,3 мм. Обмотка ротора выполнена из шинной меди шириной 25 мм, намотанной на ребро.

Графически модель СГ реализутся в программе КОМПАС V10 с импортированием файла с расширением dxf в среду программы FEMM [3]. Эта программа реализует на основе МКЭ уравнение, описывающее МП:

$$\nabla \times \left[\frac{1}{\mu(B)} \nabla \times (\vec{k} A_z) \right] = \vec{k} J_z ,$$

где A_z, J_z – аксиальные составляющие векторного магнитного потенциала (ВМП) и вектора плотности тока; $\vec{k}$ - орт; μ - магнитная проницаемость, которая определяется как функция магнитной индукции B посредством кривой намагничивания материала (использовалась кривая намагничивания стали 2312 для статора, Ст3 в виде листов и Ст3 в виде массивных деталей – для ротора, а также учитывались коэффициенты заполнения сердечников статора и ротора). Для ВМП задано граничное условие Дирихле [1].

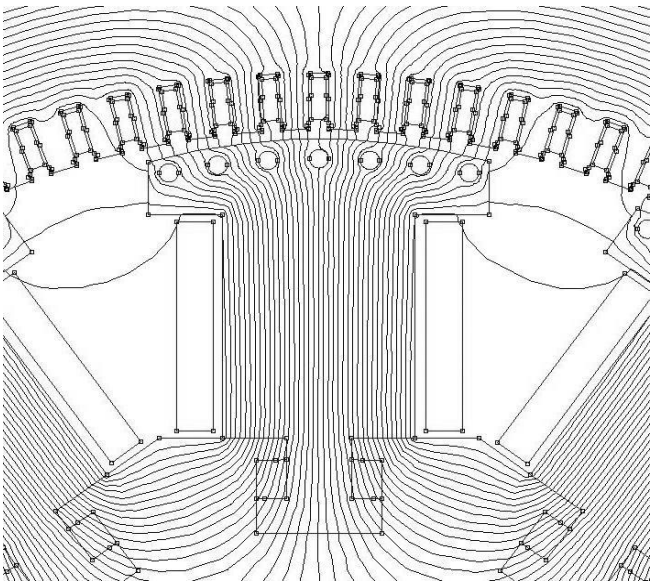


Рис. 2. Распределение нормальной составляющей индукции магнитного поля в воздушном зазоре в пределах полюсного деления

В определенных условиях оставалось задать МДС обмотки возбуждения, расположенной на полюсах ротора: $F_o = N_E I_o$, где $N_E = 52$ – число витков на полюс; $I_o = 207{,}8$ А – ток возбуждения в режиме холостого хода. Расчет МП в программе FEMM на ЭВМ с процессором Intel DualCore 2,0 ГГц занимает 4 мин. Рассчитанная картина силовых линий МП СГ (линий равного ВМП) в режиме ХХ дана на рис.1 и рис.2. Она правильно отражает существующие представления о структуре МП в СГ. Максимальное значение ВМП составило: A_{max}=0,12653 Вб/м. В результате расчета МП в районе воздушного зазора было получено распределение нормальной составляющей магнитной индукции в пределах полюсного деления (рис.3).

Численный расчет МП дает прямой выход на целый ряд электромагнитных параметров ЭМ [1]. Из них в нашем случае ограничимся сравнением следующих результатов полевого расчета по формулам из [1] и классического расчета методом магнитной цепи [2]. Основной магнитный поток в воздушном зазоре определяется через распределение ВМП с учетом активной длины СГ [1]: $\Phi=5{,}58\cdot10^{-2}$ Вб. Классический расчет [1] показал значение магнитного потока $\Phi=5{,}23\cdot10^{-2}$ Вб. Средние значения магнитной индукции в зубцах статора и полюсе ротора: классический расчет [2] дает B_{ts}=1,65 Тл и B_p=1,69 Тл, а расчет численным МКЭ - B_{ts}=1,56 Тл и B_p=1,78 Тл. Очевидное уточнение произошло благодаря гораздо меньшим допущениям численного метода расчета МП по сравнению с классическим методом. Погрешность последнего здесь оценивается в 5%, что необходимо учитывать при проектировании и исследовании ЭМ.

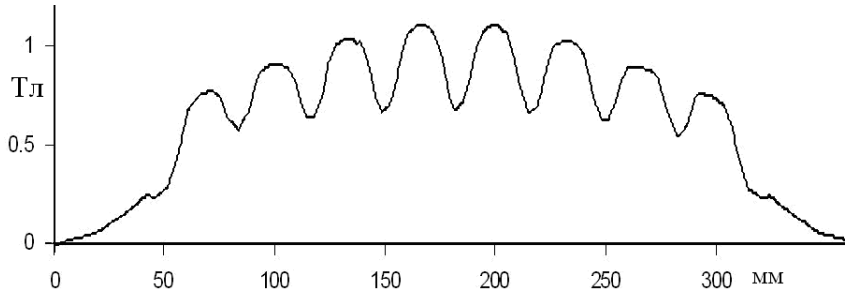


Рис. 3. Распределение нормальной составляющей индукции магнитного поля в воздушном зазоре

Список литературы: 1. *Милых В.И., Полякова Н.В.* Определение электромагнитных параметров электрических машин на основе численных расчетов магнитных полей // Електротехніка і електромеханіка.-2006.-№2.-С.40-46. **2.** *Вольдек А.И.* Электрические машины. -Л.: Энергия,-1978.-832 с. **3.** *Meeker D.* Finite Element Method Magnetics., January 26, 2004 // http://femm.berlios.de.

МИШЕНЮК А.И., ХУДЯЕВ А.А., канд. техн. наук

ОЦЕНКА ДИСПЕРСИЙ ОШИБОК ИТЕРАЦИОННЫХ ТРЁХКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С УЧЁТОМ АДДИТИВНЫХ ПОМЕХ

В классе итерационных многоканальных систем воспроизведение задающих воздействий осуществляется последовательными приближениями (итерациями), реализуемыми соответствующими каналами. Это позволяет, как показано в работах [2], в большинстве случаев получать точность воспроизведения полезного сигнала, недостижимую в одноканальных системах. Однако, при этом до конца не решены вопросы оценки эффективности итерационных многоканальных, в частности трёхканальных, систем при наличии интенсивных случайных помех в контуре и объекте управления, алгоритмизации основных методов анализа и синтеза, а также формализации общего математического описания, удобного для компьютерного моделирования и анализа таких систем и др.

Применительно к задаче параметрической оптимизации рассмотрен алгоритм расчёта дисперсий ошибок и устойчивости итерационных многоканальных следящих систем управления с помощью метода рекуррентных уравнений К. Острема [1]. Использован метод формирующих параметров (ФП) каналов при эталонных операторах [2,3]. При этом линейные дифференциальные операторы автономных замкнутых каналов $W_i(p),\ p = d/dt$, соответствующие функциям веса $W_i(t)$, представляются в виде:

$$W_i(p) = W_{эi}(r_i p), \quad i = \overline{1, N}, \tag{1}$$

где r_i – формирующий параметр (масштабный множитель) i-го канала, в этом случае $\Omega_i = r_i^{-1}$ характеризует полосу пропускания i-го канала;

$$W_{эi}(p) = \frac{D_{эi}(p)}{C_{эi}(p)} = \frac{d_0 + d_1 p + d_2 p^2 + ... + d_{m-1} p^{m-1}}{c_0 + c_1 p + c_2 p^2 + ... + c_m p^m}, \quad i = \overline{1, N}, \tag{2}$$

- заданные эталонные операторы каналов.

Вариант структурной схемы итерационной *N*-канальной следящей системы показан на рис. 1, где $R_i(p),\ i = \overline{1, N}$ - операторы разомкнутых каналов.

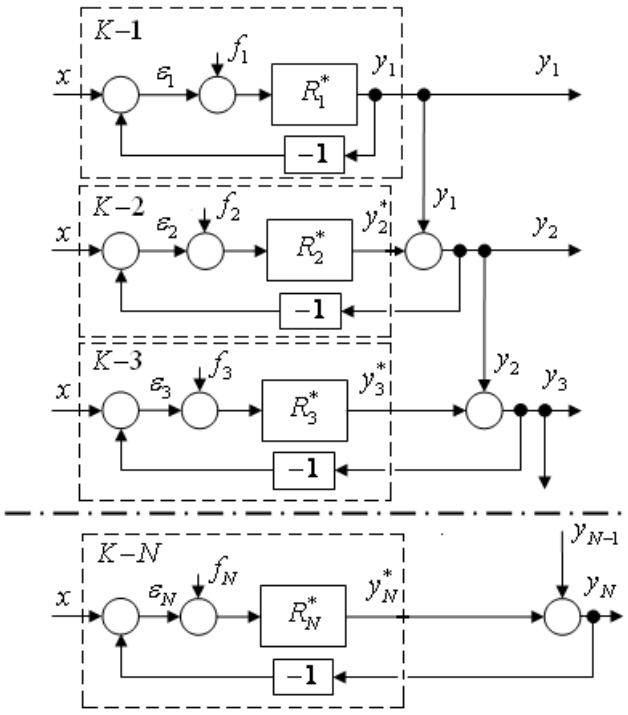


Рисунок 1 – Вариант структурной схемы итерационной многоканальной следящей системы.

Метод эталонных операторов позволяет определить влияние каждого из каналов на динамические свойства *N*-канальной системы с помощью мини-

мального числа формирующих параметров r_1, r_2, …, r_n, равного числу каналов. В результате сложная задача синтеза оптимальных операторов каналов сводится к более простой задаче параметрической оптимизации в области формирующих параметров.

В настоящей работе получена математическая модель и выполнена вероятностная оценка точности итерационной трёхканальной системы управления при случайных входных воздействиях и с различной настройкой динамики автономных каналов управления.

Показано, что потенциальная точность параметрически оптимальной итерационной трёхканальной системы может быть на два порядка (и более) выше, чем оптимальной одноканальной системы (первого, грубого канала) и на порядок (и более) выше, чем оптимальной итерационной двухканальной системы, и зависит от коэффициентов λ и ρ соотношения интенсивностей помех в автономных каналах управления.

Полученные результаты могут быть использованы для решения задач параметрического и оптимального синтеза высокоточных многоканальных электромеханических следящих систем управления, функционирующих при случайных входных воздействиях. Результаты могут найти применение при проектировании итерационных двух- и трёхканальных систем управления следящими ЭП повышенной точности.

Таким образом, для повышения точности воспроизведения случайного полезного сигнала при наличии аддитивных случайных помех, приводимых ко входу канала управления электромеханической следящей системы, может быть эффективно использован итерационный принцип многоканального воспроизведения, реализуемый с помощью соответствующих итерационных многоканальных следящих систем управления.

Список литературы:1 *Острем К.Ю.* Введение в стохастическую теорию управления. – М.: Мир, 1973. – 322 с. **2** *Худяев А.А.* Алгоритм расчета дисперсий ошибок многоканальных итерационных систем методом рекуррентных уравнений // Автоматика. – 1986. – №6. – С.43-52. **3** *Худяев А.А., Гвоздева Е.В.* Параметрический синтез итерационных многоканальных систем с эталонной настройкой каналов // Вестник НТУ "ХПИ". Сборник научных трудов. Тематический выпуск 12. Том 2 – Харьков: НТУ "ХПИ", 2002. – С.371-378.

УДК 621.3.07

МОНАХОВ Д.К.*, *СЕРЕДА А.Г., канд. техн. наук, доц.

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ УСИЛИЙ В КОНТАКТНЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Стремительное развитие электроэнергетики остро ставит вопрос эффективности и надежности защиты электрических сетей и устройств, подклю-

ченных к ним при протекании токов короткого замыкания. Проводятся исследования по улучшения характеристик двух основных аппаратов защиты – автоматических выключателей и предохранителей.

Задача защитного аппарата – защитить электрооборудование в образовавшемся короткозамкнутом контуре. Основным фактором, приводящим к выходу из строя токопроводов, является тепловое воздействие аварийного тока. Необходимо ограничить длительность и амплитуду аварийного тока на таком уровне, чтобы полный интеграл отключения, обеспечиваемый защитой, не превышал значения максимально допустимого для защищаемого объекта. Решение данной задачи характеризуется уравнением [1]:

$$\int_0^t i^2 \cdot dt < \left[I^2 \cdot t\right]_{\text{доп}}, \qquad (1)$$

где t – время действия аварийного тока; i – мгновенное значение аварийного тока; $\left[I^2 \cdot t\right]_{\text{доп}}$ – допустимая перегрузочная способность токопровода (защитный показатель).

Предохранители имеют меньший интеграл отключения, а автоматические выключатели позволяют многократность действия и возможность быстродействующего автоматического повторного включения. Сочетать перечисленные положительные качества в одном устройстве сегодня невозможно, поэтому конструкторы стремятся максимально приблизить защитные характеристики автоматических выключателей к положительным качествам предохранителей, а именно снизить интеграла отключения путем ограничения величины тока короткого замыкания, проходящего по токоведущим частям.

Уменьшить временную составляющую, входящую в уравнение (1), не удается ввиду инерционности пружинных приводов автоматических выключателей. Данная работа посвящена усовершенствованию контактного узла автоматических выключателей с пружинным приводом на основе использования электродинамических сил отталкивания между проводниками с токами разного направления. Целью работы является обоснование эффективности модернизации неподвижного контактодержателя, позволяющей снизить ток трогания подвижного контакта.

На рис. 1 изображены контакты пальцевого и полупетлевого типа [2]. Контактная система пальцевого типа размыкается только под действием сил Двайта, в зоне стягивания линий тока к точкам контактирования. Контактная система полупетлевого типа размыкается как под действием сил Двайта, так и под действием электродинамической

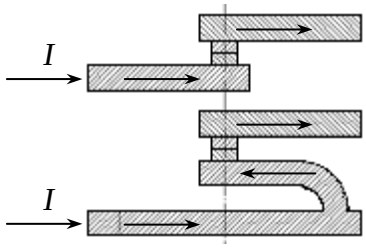


Рисунок 1 – Контактная система автоматического выключателя

силы при встречно-параллельном пальцевого (вверху) и полупетлевого (внизу) типа

протекании тока. Это позволяет зажечь дугу раньше, чем в контактах пальцевого типа, и эффективно ограничить аварийный ток.

По результатам расчета построен график, представленный на рис. 2.

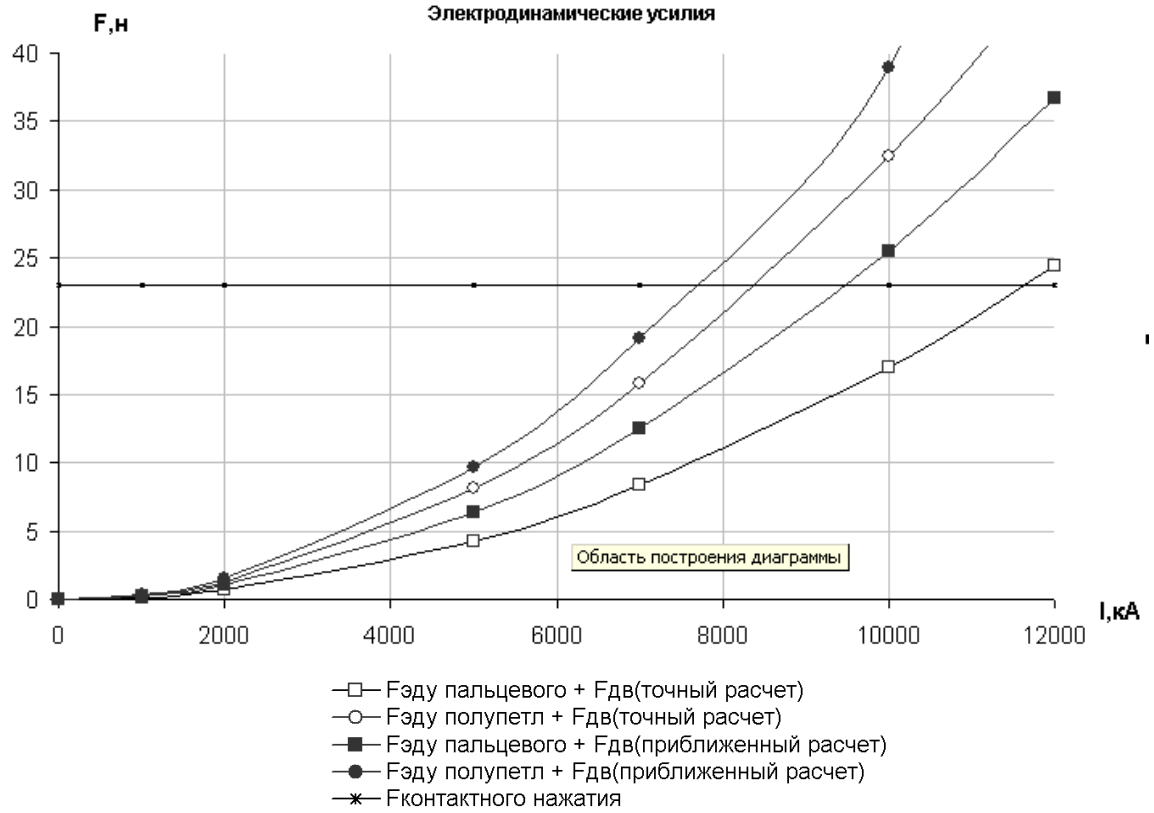


Рисунок 2 – Определение тока трогания подвижного контакта.

Расчеты показали, что замена контактной системы пальцевого типа на полупетлевую контактную систему позволило уменьшить ток трогания контактов с 11,5 кА до 8,5 кА, что существенно ограничивает максимальное значение аварийного тока первой полуволны, а следовательно уменьшается термическое и электродинамическое действие тока на электрооборудование.

Список літератури: **1.** *Глух Е.М., Зеленов В.Е.* Защита полупроводниковых преобразователей. М.: Энергия, 1970. – 152 с. **2.** *Намитоков К.К., Ильина Н.А., Шкловский И.Г.* Аппараты для защиты полупроводниковых устройств. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 280с.

МОРОЗОВ П. П.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ПРОДОЛЬНОЙ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИЕЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

На железных дорогах мира эксплуатируется ряд систем электрической тяги, различающихся родом и частотой тока, а также уровнем напряжения в контактной сети. Наиболее широкое распространение получили две основные конкурирующие традиционные системы – это системы 25 кВ и 2х25 кВ переменного тока частотой 50 Гц и 3 кВ постоянного тока. Остальные системы можно отнести к нетрадиционным системам, которые были созданы на разных этапах электрификации железных дорог в процессе поиска наиболее приемлемых и технически реализуемых систем электрической тяги.

Существующие системы тягового электроснабжения не всегда в состоянии обеспечить провозную способность железных дорог. Особенно остро эта проблема проявляется в системе электрической тяги постоянного тока 3 кВ на крупных транспортных узлах.

Преимущество на данный момент получило использование систем электроснабжения переменного тока, основным достоинством которой является простота трансформации от одного уровня к другому при использовании простых трансформаторов.

Наряду с очевидным достоинством, которое состоит в возможности непосредственной трансформации повышенного напряжения контактной сети (КС) система электроснабжения на синусоидальном переменном токе дает, тем не менее, двукратное недоиспользование КС по энергетическому коэффициенту (произведению относительной пропускной способности на относительные потери энергии) в сравнении с КС постоянного напряжения равного уровня. Действительно, при равной амплитуде напряжения, определяющей класс изоляции, действующее значение синусоидального напряжения, определяющее передаваемую мощность, в $\sqrt{2}$ раз меньше. Поскольку потери энергии пропорциональны квадрату действующего тока в контактном проводе, то при равной мощности относительные потери на переменном токе вдвое выше. При ограничении по действующему току одновременно в $\sqrt{2}$ раз меньше передаваемая мощность и больше относительные потери, а при ограничении по относительным потерям вдвое ниже передаваемая мощность. Этот недостаток преодолевается при использовании переменного напряжения с формой, приближенной к прямоугольнику (меандру). Поскольку периодическая перемена знака сигнала не влияет на его действующее значение, то при идеальных меандрах напряжения и тока получаем те же энергетические характеристики, что и при постоянном напряжении равного уровня. Основной эффект достигается при переходе к меандру напряжения за счет улучшения использования изоляции КС. При сохранении синусоидального тока получаем повышение энергетического коэффициента в $16/\pi^2 = 1{,}62$ раза. Дополнительный переход к меандру тока даст повышение энергетического коэффициента еще в $\pi^2/8 = 1{,}23$ раза за счет улучшения использования материала контактного провода [2]. Большая индуктивность как собственно КС, так и трансформаторов системы электроснабжения препятствует получению тока с

высокой крутизной фронтов. Однако, в этом, как следует из сказанного, и нет настоятельной необходимости.

Увеличить межподстанционное расстояние можно при использовании коаксиального кабеля, применяемого в качестве подпитки контактной сети через перемычки между последней и коаксиальным кабелем, расположенные на определенном расстоянии. Кабель подвешивается с внешних сторон опор, к которым прикреплен провод КС [1]. Применение данной структуры позволяет минимизировать реактивную мощность КС и преодолеть негативное влияние распределенных реактивных элементов на меандр, как сигнал с крутыми фронтами.

Возможность преобразования формы переменного напряжения появилась в последние годы в связи с разработкой IGBT с достаточно высоким быстродействием. В докладе анализируются структуры преобразователей формы (ПФ) напряжения, основанные на использовании последовательного активного фильтра (АФ) в контактном проводе. Однофазные АФ допускают последовательное соединение по выходу любого числа блоков, работающих в многофазном режиме по частоте широтно-импульсной модуляции (ШИМ), что позволяет обойтись без дополнительных трансформаторов и выходных фильтров частоты ШИМ, ограничиваясь установкой лишь фильтровых конденсаторов в звеньях постоянного тока. Управление современными нагрузочными преобразователями, устанавливаемыми на электровозах, можно организовать таким образом, чтобы формировать пропорциональную связь, либо небольшой сдвиг токов в сторону опережения. При этом отпадает необходимость в параллельном звене фильтра. Если же нагрузка выступает как «естественный» формирователь меандра тока, что соответствует фазоуправляемым выпрямителям на электровозах, то параллельное звено фильтра может быть совмещено с АФ, симметрирующим нагрузку фаз питающей сети. Рассмотрены характеристики такой комбинированной системы активной фильтрации и выполнено ее сопоставление с альтернативной системой, заключающейся во введении вставки постоянного тока между питающей и контактной сетями.

Приведенная структура позволяет реализовать дополнительную полезную функцию заключающуюся в повышении частоты напряжения КС, с целью уменьшения массы и размеров реактивных элементов преобразователей транспортных средств.

Основная цель данной магистерской работы состояла в разработки системы управления преобразователя построенного на основе идей, изложенных выше.

Список литературы: 1. *М. П. Бадер, В. Г. Сыченко* «Концепция обновления и перспективы технического развития систем тягового электроснабжения», Технічна електродинаміка, К.: ISSN 0204- 2009. Тематичний вип., Ч.3. – с. 88-93. **2.** *Гончаров Ю.П., Панасенко Н.В., Замаруев В.В., Кривошеев С.Ю., Иванов А.Е., Сыченко В.Г., Морозов П.П.,* Преобразователь формы напряжения для системы электроснабжения контактной сети переменного тока, журнал «Днепропетровский вестник», В.7 – с.36-44.

ПАВЛЮЧИК Л.Ф.

МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЕГО АДАПТАЦИИ

В настоящее время человек вынужден включаться в непрерывный процесс смены технологий, постоянно учиться, накапливать огромное количество знаний. Проблема адаптации человека к различным экзогенным факторам актуальна во все времена и наработаны многочисленные корреляты ее дисциплинарного решения различными науками: генетикой, биохимией, физиологией, психологией, нейробионикой, биокибернетикой, биоинформатикой, инженерной психологией и т.д. Прогрессивным инструментом для реализации принципиально новых возможностей понимания механизмов адаптации человека, оценки его функциональной надежности, в частности в человеко-машинных (ЧМ) системах, являются компьютерные технологии. Они увеличивают количество творческих компонентов исследовательской деятельности, существенно расширяют диапазон решения проблемы в плане разноаспектности, системности, динамичности, междисциплинарности, формируя представления о целостном образе человека, его адаптационном социопсихофизиологичсском портрете.

В данной работе был произведен обзор методик оценки психофизиологического состояния человека и его адаптации. Эти методики универсальна, ими можно пользоваться для диагностики работоспособности человека, его способность выдерживать физические или нервно-эмоциональные нагрузки, справляться со стрессовыми ситуациями и др. в любых сферах деятельности.

Социопсихофизиологические исследования технологически обеспечиваются компьютерными системами АСНИ, Эффект, Цвет, Комфорт, которые с помощью системы Конструктор могут быть использованы в различных последовательностях, диапазонах и сочетаниях предъявлений. Кроме того, достоинством технологии является возможность самостоятельного использования каждой из систем.

Компьютерная программа «АСНИ» дает возможность реализовать междисциплинарный *компьютерный эксперимент* и получить индивидуальный социопсихофизиологичсский портрет личности обследуемого, включающий индивидуально-типологические свойства, тип реагирования, позицию личности, эмоциональный фон, скоростные свойства анализаторных систем, особенности высших психических функций, поведение в стрессе, способы биологической защиты, вегетативное реагирование, направленность болезней, тип оптимальной работоспособности, профессиональной ориентации, психологического климата в коллективе; рекомендации по выбору профессии, режимов труда и отдыха, индивидуализации обучения, оптимизации межличностных отношений.

Система «ЭФФЕКТ» используется для прогнозирования эффективности и надежности деятельности (или других заданных характеристик) работоспособности человека-оператора.

Система «Цвет» позволяет качественнее, быстрее, с сохранением работоспособности, реализовывать процесс восприятия, переработки и использования полученной информации во всех сферах применения компьютерных средств - в работе, учебе, лечении, отдыхе, играх и др. Система «КОМФОРТ» разработана для профилактики недопущения психоэмоционального напряжения. Реализация системы основана на индивидуализации режимов релаксации и ее профессиональной специфики, цветодиагностике и цветокоррекции (экспресс-диагностические тесты Люшера и Айзенка). Система помогает пользователю ПК сформировать оптимальный цветовой климат экрана компьютера в зависимости от его актуального функционального состояния, предлагает информацию по оптимизации зрения, мышечного тонуса, психоэмоциональной сферы (психостимуляция, психорелаксация).

Также была рассмотрена методика Г.И. Мороз «Экспресс-диагностика функционального состояния и работоспособности человека». Методика основана на показателях вариационной хронорефлексометрии — динамических характеристиках времени простой зрительно-моторной реакции.

Методика не требует предварительного обучения. Тестирование занимает примерно 10 минут, после этого компьютерная программа выдает результат теста и определяет, в каком функциональном состоянии находится человек и можно ли допустить его к профессиональной деятельности.

Методика особенно полезна для диагностики работоспособности тех специалистов, которые работают непосредственно с техникой (диспетчеры, машинисты, пилоты, водители и т.д.) и несут ответственность за жизнь других людей.

С ее помощью можно оценить, в каком состоянии находится человек на момент обследования и какая у него работоспособность. Информативными показателями работоспособности человека считаются прямые и косвенные ее показатели. Прямым показателем является эффективность деятельности (количество и качество выполняемой работы), а в качестве косвенного выступает функциональное состояние организма (психофизиологические показатели различных его систем).

Сейчас методику используют для выявления и оценки функционального состояния наркоманов (проверяют, помогает им проводимое лечение, или нет), специалисты пользуются ею при изучении состояния школьников и студентов в процессе обучения, в клинических исследованиях, для оценки состояния больных. Результаты некоторых исследований опубликованы в научных журналах. Методика позволяет со стопроцентной точностью выявлять изменения в центральной нервной системе после приема алкоголя и других возбуждающих средств, а также симуляцию заболеваний.

ПАРХОМЕНКО Ю.М.

ОЦЕНКА ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЯ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОКОЖНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Кожа - одно из наиболее сложно организованных органов человеческого тела. Она дополняет функции внутренних органов, в частности выводит продукты, которые не выделяются легкими и почками.

Кожно-гальваническая реакция (КГР) - одна из разновидностей электродермальной активности - широко используется для изучения вегетативной нервной системы, определения особенностей психофизиологических реакций и исследования черт личности. КГР широко применяется в психофизиологических, физиологических и клинико-физиологических исследованиях в качестве высокочувствительного, простого и технически легко определяемого показателя уровня активности симпатической нервной системы, а также для оценки нейропсихического напряжения человека.

Существуют два метода регистрации кожно-гальванических реакций: по Тарханову (регистрация электрических потенциалов кожи) и по Фере регистрация электрического сопротивления кожи). Оба метода, как показатели состояния организма, дают идентичные результаты, только латентный период изменения сопротивления кожи несколько выше, чем при изменении потенциалов кожи.

Таблица 1 – Методы исследования электрической активности кожи

Фере	Тарханов
активный (с внешним источником поля)	пассивный
наложение электродов непосредственно на кожу испытуемого (контактные)	
Экзосоматический	эндосоматический
измерение сопротивления или электропроводимости	измерение электрических потенциалов кожи

Методы изучения КГР по Тарханову и Фере принципиально отличаются друг от друга: Тарханов избегал применения постоянного тока, а Фере подключал к цепи источник постоянного тока в 2-4 вольта, что осложняет электрофизиологические явления поляризационными процессами. К негативным сторонам метода Фере следует отнести и то, что, пользуясь этим методом, регистрируют изменения двух видов сопротивлений: сопротивление самой кожи и контактного сопротивления электродов. Так возник вопрос о роли колебаний сопротивления кожи (СК) электрическому току при кожно-гальваническом рефлексе.

Таблица 2 – Качественные характеристики методов измерения КГР

Характеристики	Методы измерения КГР	
	Пассивный (Тарханов)	активный (Фере)
Возмущающее воздействие на объект исследования	Слабое	от слабого до сильного
Помехоустойчивость	Плохая	хорошая
Информативность	состояние поверхности кожи, величина электродного потенциала, состояние подкожной структуры	состояние поверхности кожи, состояние подкожной структуры,
Техническая реализация	сложная (фильтрация, обработка и выделение полезного сигнала, масштабирование, преобразование)	простая (формирование измерительного сигнала масштабирование, преобразование)

Данная методика основана на таком известном факте, как изменение ЭКС человека в состоянии релаксации и активации психомоторных функций. Известны исследования, устанавливающие взаимосвязь способности человека к произвольному изменению уровня активности центральной нервной системы (ЦНС) с готовностью к высокорезультативной деятельности. Доказано, что в норме электрокожное сопротивление человека в состоянии релаксации растет, а в состоянии активации уменьшается. Соответственно, противоположные показатели являются патологией. Динамика значений ЭКС, отмеченная у испытуемых при произвольном переходе от релаксации к активации, классифицирована соответственно на 9 вариантов, характеризующих различные состояния ЦНС. Недостатком такой методики оценки следует признать то обстоятельство, что абсолютные значения ЭКС, фиксируемые в контрольных точках, весьма существенно различны у разных испытуемых даже при принципиально одинаковой форме кривой.

Для отображения процесса изменения электрокожного сопротивления в реальном времени и последующей его обработки был рассмотрен специальный аппаратно-программный комплекс "У1зиа1 8СК". Данный комплекс позволяет определить психофизическое состояние человека, т.е. способность воспринимать и адекватно реагировать на раздражающие факторы внешней среды, и дать подробные рекомендации по коррекции этого состояния.

ТАТАРИН Е.М., ЧЕРНЕТЧЕНКО М.А.

ГИБКИЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИЗМЕНЕНИЕМ ЧИСЛА ФАЗ, ЧАСТОТЫ И ФОРМЫ ПЕРЕДАВАЕМОГО СИГНАЛА

Основными параметрами при передаче электрической энергии являются фазность, форма и частота напряжения и тока. Трехфазная система усложняет конструкцию ЛЭП и трансформаторов, увеличивая как массу трансформаторов по сравнению с однофазными, так и количество проводов ЛЭП. Жесткое соотношение между уровнями напряжений в несколько раз увеличивает токи короткого замыкания и пусковые токи, создаваемые двигательной нагрузкой.

Рассматривая как альтернативу системе передачи энергии переменными током и напряжением систему, использующую постоянные напряжение и ток, видим ряд преимуществ: уменьшение класса изоляции, так как изоляция рассчитана на максимальное напряжение, которое на переменном напряжении в $\sqrt{2}$ раза больше; при равной мощности действующее значение постоянного тока будет в $\sqrt{2}$ раз меньше, а так как потери определяются квадратом тока, то они будут в 2 раза меньше; при одинаковых относительных потерях передаваемая мощность увеличится в 2 раза.

Однако, у системы передачи постоянным напряжением есть свои недостатки: необходимы высоковольтные преобразователи; усложняется использование земли в качестве одного из проводников; на переменном токе электрическая дуга гаснет при переходе через нулевое значение, на постоянном такого нет.

Рассматривается альтернативная система передачи электрической энергии переменным током, использующая в качестве основного сигнала меандр (прямоугольник) или меандр с ограниченным спектром, получаемый путем добавления к основному меандру высших гармоник.

Поскольку периодическая перемена знака сигнала не влияет на его действующее значение, то при идеальных меандрах напряжения и тока получаем те же энергетические характеристики, что и при постоянном напряжении равного уровня. Основной эффект достигается при переходе к меандру напряжения за счет улучшения использования изоляции КС.

Современный этап развития электроэнергетических систем (ЭЭС) характеризуется внедрением технологий управляемых гибких электропередач переменного тока (Flexible AC Transmission – FACTS). Системы FACTS появились около 15 лет назад. В Украине технология FACTS пока еще не получила широкого распространения, хотя все предпосылки для этого существуют.

Сложность применения вышеуказанной системы передачи энергии заключается в необходимости использования преобразователей с мощными

ключами. Но, поскольку, на данный момент полупроводниковая техника развивается быстрыми темпами и уже имеются GTO тиристоры на ток 6000А. и напряжение 6000 В., IGBT транзисторы и GTC, хотя и с меньшими показателями, то задача создания мощного преобразователя становится вполне осуществимой. К тому же, имея в виду данную тенденцию улучшения полупроводниковых преобразователей, есть смысл заменять ими по возможности дорогостоящие магнитные элементы.

Используя меандр для передачи электрической энергии, получаем сумму преимуществ использования переменного и постоянного сигнала, исключая их недостатки. На рис.1. приведена схема, позволяющая использовать меандр в качестве основного сигнала передачи энергии.

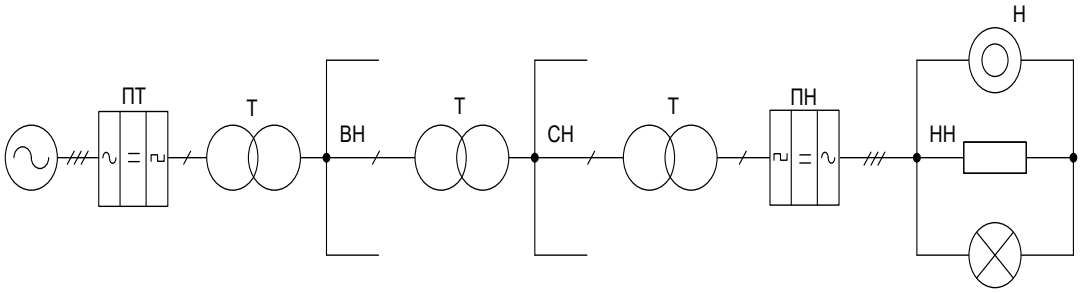


Рис. 1. Система передачи энергии однофазным переменным током.

Как видно, блоки ПТ и ПН включают в себя выпрямитель и инвертор. Переход от синусоидального сигнала к меандру и наоборот осуществляется через звено постоянного напряжения. Если вход блока трехфазный, то выход – однофазный, и наоборот. На основе данной структуры можно исполнить как всю систему передачи в целом, так и отдельные ее части.

Предлагаемые структуры могут строится по районному принципу и, прежде всего, в сетях среднего и низкого уровня напряжения, где они дают наибольшую экономию и подготовлены состоянием рынка современных полупроводниковых приборов. Это предполагает

- использование волнового механизма передачи энергии, что позволяет минимизировать реактивную мощность ЛЭП и преодолеть негативное влияние распределенных реактивных элементов на меандр, как сигнал с крутыми фронтами;

- простейшей конструкции ЛЭП среднего напряжения в виде одного коаксиального кабеля с проводящей оболочкой;

- полупроводниковых преобразователей формы напряжения для одновременного изменения и повышения частоты переменного тока до уровня порядка 300 или 600 Гц.

В магистерской работе приводятся возможные способы решения поставленной задачи и их обоснование. Более подробное рассмотрение некоторых узлов системы однофазной передачи электроэнергии с базовым сигналом в виде меандра и возможным преобразованием частоты рассматривается в работе [1].

Список литературы: 1. *Чернетченко М.А., Татарин Е.М.* \\ в данном сборнике

УДК 621.313

ЧАЛЫЙ А.А., ГАЛАЙКО Л.П., канд. техн. наук, доц.

ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ НА ТРАНСПОРТЕ. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

Достижения в силовой и управляющей электронике привели к созданию в конце XX века надежных статических электрических преобразователей, обеспечивающих возможность плавного регулирования выходных координат электропривода и получения требуемого по технологии режима движения. Вместе с этим возникла целая гамма новых электроприводов с различными типами электромеханических преобразователей.

На сегодняшний день большинство тяговых электроприводов используют двигатели постоянного тока или частотно-регулируемые асинхронные двигатели (АД). Однако, намечается тенденция на вытеснение коллекторных двигателей в связи с низкой надежностью и необходимостью постоянного технического обслуживания. Что касается АД, то ряд вопросов, связанных со снижением коэффициента полезного действия и необходимостью завышения установленной мощности в частотно-регулируемом электроприводе оставляет открытым вопрос поиска альтернативных решений. Таким решением может стать применение электропривода на основе вентильно-индукторного двигателя (ВИД). У этого привода есть ряд преимуществ, выгодно отличающих его от аналогов.

1. Прежде всего - большая надежность, обусловленная конструкцией двигателя. Отсутствие обмоток на роторе, простые сосредоточенные катушки на статоре, не имеющие пересечений в лобовых частях и имеющие малую длину и высокую жёсткость, что особенно важно для транспортной техники, работающей в условиях повышенной вибрации и ограниченного габарита, придают ему самые высокие показатели надёжности среди электрических машин.

2. Высокая технологичность, широкие возможности автоматизации производства, использование недефицитных и относительно дешевых материалов определяют низкую себестоимость машины, которая, по оценкам западных производителей, в 1.7-2 раза ниже себестоимости АД с короткозамкнутым ротором.

3. Низкие потери в роторе обуславливают более высокий коэффициент полезного действия двигателя по сравнению с АД. Рост КПД составляет в среднем 2-5 %, что крайне важно при питании электропривода от аккумуляторных батарей.

4. Высокие массо-габаритные показатели позволяют применять данный привод в небольших транспортных средствах, в том числе и в легковых автомобилях. Кроме того, открываются возможности по встраиванию ВИД в технологические машины, к примеру, в мотор-колесо.

Некоторые показатели трех типов электроприводов для машины с высотой оси вращения 112 мм приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные показатели некоторых типов электроприводов

Тип электропривода	Номинальная мощность, кВт	Номинальная мощность к объему активных материалов	КПД, %
Постоянного тока	7	1	76
Асинхронный	9	1,2	81
Вентильно-индукторный	11	1,7	85

5. Уникальная устойчивость к отказам отдельных элементов позволяет двигателю работать даже с одной, или несколькими закороченными, либо оборванными фазами, что приводит только к пропорциональному снижению выходной мощности и возрастанию пульсаций момента.

6. Простота замены вышедших из строя катушек обмотки статора обуславливают высокую ремонтопригодность двигателя, что значительно сокращает время и стоимость его технического обслуживания.

7. Тепловыделение происходит в основном только на статоре по причине отсутствия обмоток на роторе, вследствие чего исключается необходимость создавать сложную систему охлаждения, а для полноценного отвода тепла от машины достаточно использовать наружную поверхность статора.

8. Особой надежностью отличается и силовой преобразователь, в котором, из особенностей конструкции, исключена возможность появления «сквозных токов», как в преобразователях частоты (ПЧ) для приводов на базе АД.

Что касается недостатков вентильно-индукторного привода, то к ним можно отнести следующие:

1. Невозможность подключения двигателя непосредственно к питающей сети без полупроводникового преобразователя. АД не имеет этого недостатка, но в таком случае, возможности регулирования достаточно ограничены, а применение ПЧ ставит эти двигателя в один ряд.

2. Наличие пульсаций электромагнитного момента и, как следствие, повышенный шум и вибрация двигателя.

3. Достаточно высокая стоимость полупроводникового преобразователя.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что привод на основе ВИД может найти широкое применение практически во всех отраслях народного хозяйства, и, в частности, использоваться как тяговый двигатель на

электротранспорте. Недостатки ВИД обусловлены в первую очередь новизной, и, как следствие, относительно небольшим количеством исследований в этой области, а так же отсутствие серийного выпуска, как собственно двигателей, так и силовых преобразователей к ним, что увеличивает общую стоимость.

Список литературы: 1. *Ильинский Н.Ф.* Перспективы применения вентильно – индукторного электропривода в современных технологиях // Электротехника. 1997. № 2. С.1–3. **2.** *Бут Д.А.* Электромеханика сегодня и завтра // Электричество. 1995. №1. С. 2-10.

УДК 621314.58

ЧЕРНЕТЧЕНКО М.А., ТАТАРИН Е.М.

ВЫПРЯМИТЕЛИ ГИБКИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ

В настоящее время гибкие системы передачи энергии переменным током является перспективной и обширной областью применения силовой электроники. В функции такой системы предлагается включить: изменение частоты, сокращение числа фаз, и переход к меандру, как к базовому сигналу системы передачи энергии.

На данный момент на кафедре «Промышленной и биомедицинской электроники» проводятся разработки систем передачи энергии, позволяющих получить повышенную частоту порядка 300-600 Гц и перейти к однофазной системе с формой напряжения, приближенной к прямоугольнику. Предположено, что данная система будет питаться по принципу районного электроснабжения и, прежде всего, в сетях среднего и низкого уровня напряжения, где она дает наибольшую экономию и подготовлена состоянием рынка современных полупроводниковых приборов. Это дает снижение массы кабелей, трансформаторов и фильтров в преобразовательных звеньях системы.

Рассматриваемая система содержит сетевой выпрямитель, к которому присоединен инвертор, кабельную систему передачи, трансформаторы и нагрузку. Задача данной работы состояла в том, чтобы проанализировать, какие преобразователи должны быть со стороны нагрузки, с учетом того, что уже в настоящее время, по крайней мере, половина всей энергии проходит через выпрямители.

Наиболее простое и поэтому предпочтительное решение состоит в использовании однофазного диодного моста с конденсаторным фильтром без магнитных элементов. В применении управляемых выпрямителей нет резона, так как первичное напряжение в достаточной мере стабильно, а кроме того отсутствует корректор коэффициента мощности.

Однако такой выпрямитель в режиме непрерывного тока, является нелинейным импульсным объектом, способствующим возбуждению резонансных колебаний как в LC-контуре, образованным емкостью выходного фильтра и индуктивностью на стороне переменного тока, так и в кабельной линии электропередачи. Кроме того, конденсаторный выходной фильтр, являясь наиболее простым, дает при синусоидальном питании в установившемся режиме потребляемый ток в форме короткого импульса, а в режиме пуска – бросок тока. Предлагаемая система, основанная на замене синусоиды меандром, позволяет при равной частоте снизить емкость конденсатора и простыми средствами устранить перечисленные недостатки.

На рис. 1 изображена базовая схема выпрямителя. Параметры выпрямителя приведены к первичной обмотке высоковольтного трансформатора, после чего трансформатор исключен из эквивалентной схемы. Кроме диодного моста и фильтрового конденсатора C_d выпрямитель содержит демпфирующую цепь (ДЦ) R_d, VD. ДЦ выполняет коррекцию резонансных свойств $(L_k+L_s)C_d$-контура, а также ограничение бросков тока в установившемся и переходных режимах.

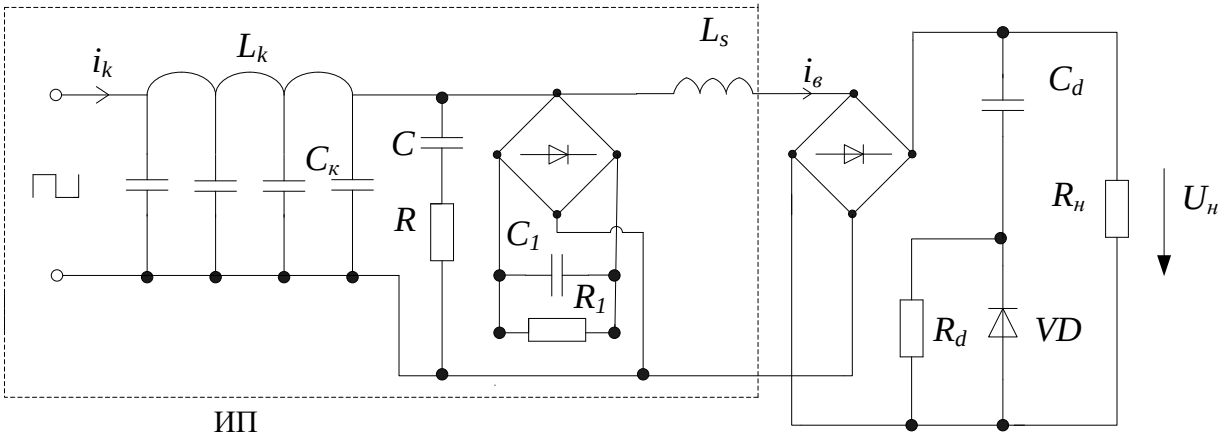


Рис. 1 – Базовая схема нагрузочного выпрямителя вместе с эквивалентной схемой источника питания ИП

При пуске происходит заряд конденсатора через токоограничивающий резистор R_d. В свою очередь этот резистор демпфирует колебания в резонансном контуре, что приближает потребляемый ток к меандру. В установившемся режиме конденсатор C_d используется для подпитки нагрузки лишь на коротких интервалах фронтов питающего напряжения. При этом диод шунтирует резистор R_d. На протяженной плоскости вершине меандра ток нагрузки минует как конденсатор C_d, так и демпфирующую цепь. Поэтому требуемая емкость C_d мала.

При длинном кабеле целесообразно добавление еще одной демпфирующей цепи, содержащей RC-цепь и диодный ограничитель напряжения. RC-

цепь демпфирует колебания, возникающие в кабеле, а диодный ограничитель устраняет выбросы на выходном напряжении кабеля.

Как показали результаты моделирования – потери в демпфирующих цепях тока измеряются долями процента от мощности нагрузки, что доказывает целесообразность использования такого типа преобразователей.

УДК 615.47

ЧУРСИНА А.И., КУЛИЧЕНКО В.В., ассист.

РЕЖИМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ В ФОТОТЕРАПИИ*

Фототерапия представляет собой метод лечения электромагнитным излучением (ЭМИ) оптического диапазона, которым воздействует как на тело человека в целом, так и на отдельные его органы.

Существует целый ряд исследований в области медицины, фотобиологии, биохимии, которые подтверждают тот факт, что ЭМИ является эффективным регулятором биологических ритмов и оказывает терапевтическое действие.

В комплексной фототерапии может быть использован весь спектр ЭМИ оптического диапазона, однако, при выборе длины волны для облучения следует учитывать, что взаимодействие ЭМИ с биологическими тканями определяется его проникающей способностью и энергией фотонов [1].

Как известно, видимая часть оптического диапазона воспринимаются человеком в виде различных цветов и цветовых оттенков. Таким образом, видимое излучение может оказывает действие на организм человека двумя путями – на центральную нервную систему (ЦНС) через зрительный анализатор и на кожу или подкожные ткани.

Восприятие видимого света и составляющих его цветовых компонентов зрительным анализатором оказывает опосредованное влияние на центральную нервную систему и тем самым на психоэмоциональное состояние человека.

При воздействии на органы и ткани влияние ЭМИ оптического диапазона определяется длинной волны от 400 нм до 760 нм, а глубина проникновения такого излучения нарастает при переходе от фиолетового (до 1 мм) до красного (порядка 20-30 мм) излучения. Установлено, что красное и оранжевое излучения возбуждают корковые центры и подкорковые структуры, синее и фиолетовое – угнетают их, а зеленое и желтое уравновешивают процессы торможения и возбуждения в коре головного мозга. Таким образом, использование для воздействия ЭМИ определенной части спектра позволяет достигать требуемого результата [2].

При воздействии ЭМИ с терапевтической целью, одним из наиболее перспективных путей для повышения ее эффективности является применение

комбинации нескольких ЭМИ с различными длинами волн и регулировании интенсивности в течении процедуры [3].

Цель данной работы состоит в анализе различных принципов изменения параметров воздействия в фототерапии.

Воздействие ЭМИ на организм человека принято называть сканированием по тому или иному параметру. Следовательно, различают сканирование по таким параметрам как сканирование зоны воздействия (область излучения), сканирование по частоте модуляции, мощности излучения и длинны волны излучения [4].

Т.к. для воздействия ЭМИ видимого диапазона с терапевтической целью служит фотонное поле, состоящее из 25 излучающих сегментов, то в общем случае, данное поле может генерировать электромагнитные колебания в трех режимах: непрерывном, импульсном и сканирующем.

При использовании непрерывного режима должна выбираться произвольная длина волны излучения или комбинация длин волн с различной мощностью, а в импульсном режиме, частота модуляции излучения должна регулироваться в диапазоне от 0,1 до 100 Гц с различной мощностью. Использование импульсного режима позволяет создавать более эффективные и оптимальные условия для такого воздействия, по сравнению с непрерывным излучением, за счет высокой концентрации световой энергии в импульсе и возможности получения хорошего терапевтического эффекта при меньших дозах и более кратковременном воздействии на организм [5].

Изменяя значения параметров излучения в сканирующих режимах, возможно использование трех законов: нарастающий, убывающий и треугольный.

Первый закон – нарастающий, может быть как линейный $y = x$ (рис.1а, 1), так и параболический $y = x^2$ (рис.1а, 2') или $y = + x^{1/2}$ (рис.1а, 2").

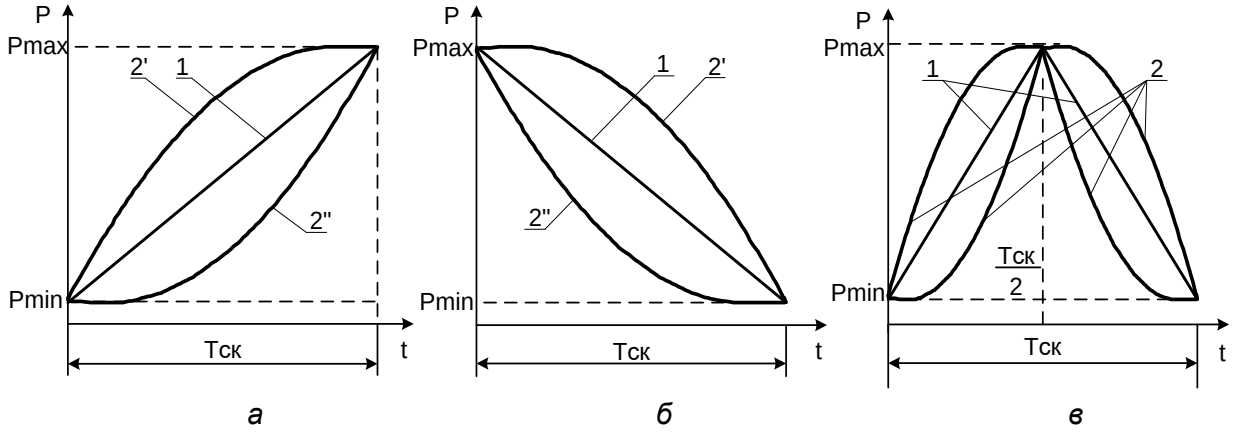


Рис.1 Законы изменения параметров излучения в сканирующих режимах: нарастающий (а), убывающий (б), треугольный (в); 1 - линейный, 2 - параболический

Второй закон – убывающий, соответственно может иметь линейный характер $y = 1 – x$ (рис.1б, 1), либо параболический $y = 1 – x^2$ (рис.1б, 2') или $y =$

1– (+ $x^{1/2}$) (рис.1б, 2”). Третий закон – треугольный, при котором первую половину периода показатель параметра нарастает по одному из законов, а вторую половину периода – убывает, по линейному или параболическому закону, при котором период сканирования (Тск) изменяется в пределах Тск/2>Тск>Тск/2, как показано на рисунке 1(в).

И в заключении следует отметить, что рациональное использование тех или иных способов и законов требует дополнительных исследований в этой области.

Список литературы: 1. *Боголюбов В.М., Пономаренко Г.Н.* Общая физиотерапия: Учебник. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Медицина, 1999. – 432 с. **2.** *Карандашом В.И., Петухов Е.Б., Зродников В.С.* Квантовая терапия: Учебное пособие – М.: Изд. «Медицина», 2004. -456с. **3.** *Москвин С.В.* Эффективность лазерной терапии. – М.: НПЛЦ «Техника», 2003 г. – 256с. **4.** *Самолюк И.З., Фисенко Л.И. и др.* Терапия электромагнитными волнами миллиметрового диапазона (КВЧ-терапия, МРТ, ИВТ). Научно-практические материалы по применению физических факторов в клинической и курортной практике. – Киев, 1998г. - 141с. **5.** *Колесник Ю.И., Кипенский А.В.* Квантовая электроника. Применение лазеров: Учеб. пособие. – Харьков, 2005 г. - 156с.

** Работа выполнена под руководством проф. Кипенского А.В.*

УДК 621.313

ШПАТЕНКО В.С., МИЛЫХ В.И., докт. техн. наук, проф.

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МОЩНОГО ТУРБОГЕНЕРАТОРА В РЕЖИМЕ ВНЕЗАПНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННО-ПОЛЕВЫХ МЕТОДОВ

Наиболее распространенной аварией в энергосистемах является внезапное короткое замыкание (ВКЗ) на линиях электропередачи или на шинах станций, сопровождающееся весьма большими токами короткого замыкания [1].

Объектом исследований выбран турбогенератор (ТГ) на базе ТА-160-2М, спроектированный в квалификационной работе магистра.

В статье проводился анализ индуктивных сопротивлений (ИС) фазной обмотки статора ТГ в сопоставлении вариантов: 1) фазная обмотка действует обособленно; 2) она же действует в составе симметричной трехфазной системы.

Для расчета картины поля используется следующее выражение для магнитного потока:

$$\Phi = \left(A_{z1} - A_{z2}\right) l_a, \quad (1)$$

где A_{z1}, A_{z2} - значения векторного магнитного потенциала (ВМП) в точках 1 и 2 в плоскости расчета, через которые проходят боковые стороны контура; l_a - активная длина электрической машины (ЭМ).

МПС катушки, имеющей w витков:

Таблица 1 – ИС фазной обмотки статора ТГ при одно- и трехфазном вариантах расчета поля, о.е.

Число фаз при расчете поля	Индуктивные сопротивления	
	$x_d^{'}$	$x_d^{''}$
1 фаза	0,415	0,351
3 фазы	0,582	0,385
$x_{3ф} / x_{1ф}$	1,402	1,097

$$\Psi = \sum_{k=1}^{w} \Phi_k , \qquad (2)$$

где Φ_k - потоки, сцепленные с отдельными витками.

Проводя расчеты при ряде значений токов катушки, можно получить магнитную характеристику ЭМ – зависимость $\Psi(I)$. И если она линейная, то имеет смысл индуктивность данной катушки, как коэффициент пропорциональности между ее током I и МПС Ψ, то есть:

$$L = \Psi / I . \qquad (3)$$

Тогда, на этой основе, индуктивное сопротивление при частоте f или угловой частоте $\omega = 2\pi f$:

$$X_L = 2\pi f L = \omega L . \quad (4)$$

Так, задав условие Дирихле на линии окружности [3] в основаниях зубцов ротора, получим переходное ИС обмотки статора $x_d^{'}$ (рис. 1). Если

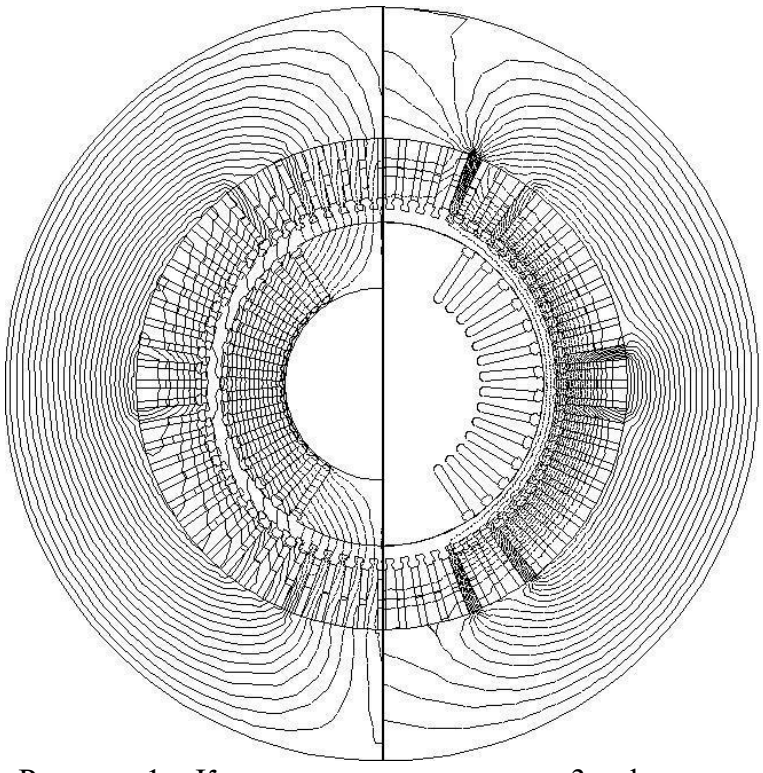


Рисунок 1 – Картина магнитного поля 3-х фаз обмотки статора ТГ в сверхпереходном (справа) и переходном (слева) режиме

то же сделать на поверхности сердечника ротора, то получим картину поля на том же рисунке и сверхпереходное ИС x_d''.

Результаты расчета ИС в одно- и трехфазном вариантах приведены в табл. 1. Значения ИС, как это принято [3], даны в о.е. при базовом сопротивлении Z_N, равном 1,318 Ом.

В табл. 1 также дано соотношение ИС трех- и однофазного вариантов $x_{3ф}/x_{1ф}$, которое по мере сужения области расчета поля все больше отличается от теоретически обоснованного для ИС реакции якоря.

Из данных анализа сделаны выводы:

1. Определение различных типов ИС ЭМ (как и других их электромагнитных параметров) посредством численных расчетов магнитных полей является универсальным подходом, пригодным фактически для любых типов и конструкций этих машин. Такой универсальный подход позволяет расчетчикам даже при овладении только минимумом единой теории ЭМ и минимумом навыков работы с вычислительной техникой без необходимости составления собственных программ, но при наличии пакетов прикладных программ.

2. Классический подход к определению ИС рассеяния обмоток ЭМ по обособленным полям рассеяния в выделенных зонах оказывается весьма условным. Он дает противоречивые результаты, которые значительно отличаются от физически обоснованного подхода, когда поля рассеяния выделяются из единой структуры поля этих обмоток.

3. При определении ИС различных видов следует оперировать не с магнитными потоками (например, основным потоком, перешедшим от одного сердечника в другой, и оставшейся частью - потоком рассеяния), а непосредственно с магнитным потокосцеплением обмоток.

Список литературы: 1. *Важнов А.И.* Электрические машины –Л: Энергия, – 1968. – 768 с. **2.** *Шпатенко В.С., Милых В.И.* Использование численно-полевых методов в процессе совершенствования крупных турбогенераторов // Тези доповідей III Університетьської науково-практичної конференції магістрантів. Національний Технічний Університет “Харкіський політехнічний інститут”, 25 – 27 березня 2009 року, Том 3; Харків НТУ “ХПІ” 2009. **3.** *Милых В.И., Полякова Н.В.* Определение электромагнитных параметров электрических машин на основе численных расчетов магнитных полей // Електротехніка і електромеханіка.-2006.-№2.-С.40-46.