



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК
УКРАЇНИ
Інститут проблем машинобудування
ім. А. М. Підгорного

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ
МАШИНОБУДУВАННЯ**

КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ ТА СПЕЦІАЛІСТІВ

*Конференцію присвячено
120-річчю з дня народження академіка НАН України
А. П. Філіппова*

Тези доповідей

Харків 2019

УДК 621.001.5/.18:061.2/.4

Сучасні проблеми машинобудування.

Тези доповідей конференції молодих вчених та спеціалістів.

Друкується за рішенням Вченої ради Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, протокол № 4 від 21.03.2019 р.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

чл.-кор. НАНУ Русанов А. В. – голова
академік НАНУ Мацевитий Ю. М.

чл.-кор. НАНУ Костіков А. О.

чл.-кор. НАНУ Стоян Ю. Г.

чл.-кор. НАНУ Тарелін А. О.

чл.-кор. НАНУ Шубенко О. Л.

д.т.н. Аврамов К. В.

д.т.н. Воробйов Ю. С.

д.т.н. Гнесін В. І.

к.т.н. Курська Н. М.

д.т.н. Кравченко О. В.

д.т.н. Максименко-Шейко К. В.

д.т.н. Романова Т. Є.

д.т.н. Сметанкіна Н. В.

д.т.н. Соловей В. В.

д.т.н. Стрельнікова О. О.

д.т.н. Суворова І.Г.

к.т.н. Тарелін А. А.

д.т.н. Угрімов С. В.

д.т.н. Шейко Т. І.

к.ф.-м.н. Баранов І. А. – заступник голови



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК
УКРАЇНИ
Інститут проблем машинобудування
ім. А. М. Підгорного

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ
МАШИНОБУДУВАННЯ**

КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ ТА СПЕЦІАЛІСТІВ

*Конференцію присвячено
120-річчю з дня народження академіка НАН України
А. П. Філіппова*

Тези доповідей

Харків 2019



Анатолій Петрович Філіппов (1899-1978)

Анатолій Петрович Філіппов – відомий український вчений у галузі теоретичної та прикладної механіки, академік Національної академії наук України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, професор, доктор технічних наук, заслужений діяч науки і техніки, великий організатор науки, громадський діяч, творець всесвітньо визнаної наукової школи з механіки твердого тіла.

А. П. Філіппов народився 29 листопада 1899 року в с. Глухівці (нині Вінницька область) в родині залізничного службовця. Навчався в Реальному училищі в м Ізюмі (до 1915 р.), потім в 1-му Харківському реальному училищі, яке і закінчив в 1917 р. Після цього вступив до Харківського технологічного інституту (нині Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут») на механічний факультет і закінчив його з відзнакою в 1920 р., отримавши звання інженера-технолога. Потім він вступив на фізико-математичний факультет Інституту народної освіти (тепер Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна), який і закінчив в 1922 р.

Інженерна діяльність А. П. Філіппова почалася в 1920 р. на Харківському паровозобудівному заводі, де він працював старшим

конструктором і спроектував ряд оригінальних конструкцій, потім – в Управлінні з будівництва електростанцій і тресті «Тепло і сила». У 1922 р. він був зарахований аспірантом кафедри гідравліки та авіації Харківського технологічного інституту, яку очолював академік Г. Ф. Проскура. Потім навчався в аспірантурі на кафедрі прикладної математики Інституту народної освіти під керівництвом академіка С. Н. Бернштейна, а потім – в аспірантурі Українського інституту математики, яку закінчив в 1928 р. З 1930 р. А. П. Філіппов керує групою по теорії коливань в Українському науково-дослідному інституті споруд, а потім – відділом динаміки і міцності Центрального науково-дослідного інституту будматеріалів. У цей період у друці з'являються його наукові публікації, присвячені деформаціям, коливанням і стійкості стрижнів, пластинок і рамних конструкцій. Роботи А. П. Філіппова з початку його наукової діяльності відрізняються високим науковим рівнем і широким використанням в них математичних методів. У 1937 р. виходить його перша монографія «Колівання перекриттів і рамних фундаментів». Після цього з'являються його публікації, присвячені удару по пластинам на пружній основі.

На початку 1939 року було прийнято постанову Ради Ленінградського індустріального інституту про присвоєння А. П. Філіппову наукового ступеня доктора технічних наук без захисту дисертації. Аналогічна постанова Ради Московського інженерно-будівельного інституту прийнято в 1945 р. Вища атестаційна комісія затвердила його в званні доктора технічних наук в 1948 р.

У 1942 р. А. П. Філіппов вступає до лав Червоної Армії на фронті під м. Туапсе, а потім нетривалий час працює в м. Магнітогорську. З жовтня 1943 по 1945 рр. він брав активну участь у відновлювальних роботах в Україні.

У 1945 р. за видатні досягнення в області механіки А. П. Філіппов був обраний членом-кореспондентом АН УРСР і перейшов на роботу в систему Академії наук УРСР. Він стає керівником відділу динаміки і міцності Лабораторії проблем швидкохідних машин і механізмів АН УРСР, яка згодом реорганізується в Лабораторію гідравлічних машин АН УРСР, очолювану Г. Ф. Проскурою. З 1954 р. А. П. Філіппов став керівником Лабораторії гідравлічних машин АН УРСР, а потім – створеним на її базі в 1964 р. Харківським філіалом Інституту механіки АН УРСР, який в 1967 був перетворений в Харківський філіал Інституту технічної теплофізики АН УРСР. Глибоко усвідомлюючи все зростаючу роль енергетики, він бере участь у створенні Відділення фізико-технічних проблем енергетики АН УРСР (1967 р.). У 1972 р. після створення в

Харкові Інституту проблем машинобудування АН УРСР він керує в ньому відділом нестационарних механічних процесів. У цей період А. П. Філіппов створює і очолює науковий напрям, пов'язаний з оцінкою міцності елементів конструкцій в умовах інтенсивних статичних і динамічних навантажень з урахуванням високотемпературних полів і впливу середовища.

Видатний внесок А. П. Філіппов вніс у розвиток прикладної теорії коливань, машинобудування, будівельної справи та інших галузей техніки. Він був одним з піонерів широкого використання чисельних методів і обчислювальної техніки для вирішення задач міцності в машинобудуванні і будівництві. Велику роль відіграли роботи А. П. Філіппова для розвитку досліджень напружено-деформованого стану конструкцій при ударних, імпульсних і нестационарних навантаженнях. Ним було розв'язано проблему оптимізації конструкцій за показниками міцності і вібраційними характеристиками.

А. П. Філіппов приділяв велику увагу підготовці кадрів. З 1948 по 1960 рр. він керував кафедрою динаміки і міцності машин Харківського політехнічного інституту, а потім працював професором цієї кафедри за сумісництвом. Їм виховане не одне покоління інженерів і вчених, створена наукова школа з механіки деформованого твердого тіла, яка визнана у всьому світі. Десятки молодих вчених під його керівництвом успішно захистили кандидатські дисертації, а багатьом скорилася і докторська вершина. Серед учнів А. П. Філіппова – такі відомі не тільки в нашому інституті, а й далеко за його межами люди, як академік НАН України А. М. Підгорний, професор Б. Н. Кантор, Ю. С. Воробйов, Н. Г. Шульженко, С. С. Кохманюк, Є. Г. Янютін, В. П. Ольшанський та інші.

У 1967 р. А. П. Філіппова було обрано дійсним членом АН УРСР, а в 1968 році йому присвоєно звання заслуженого діяча науки і техніки УРСР.

А. П. Філіппов був членом експертної комісії ВАК, був членом Національного комітету СРСР з теоретичної і прикладної механіки. Неодноразово обирався депутатом Харківської міської ради.

Багатогранна наукова і педагогічна діяльність А. П. Філіппова була відзначена урядовими нагородами, у тому числі орденом Трудового Червоного Прапора, а також Державною премією України в галузі науки і техніки.

Помер А. П. Філіппов 23 квітня 1978 р. м. Харкові.

УДК 539.3:534.1

АНАЛІЗ НЕСТАЦІОНАРНИХ КОЛИВАНЬ БАГАТОШАРОВИХ ОРТОТРОПНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОБОЛОНОК З НЕКАНОНІЧНОЮ ФОРМОЮ ПЛАНУ

Малихіна А.І., аспірант, **Меркулов Д.О.**, аспірант
*ІПМаш НАН України, відділ вібраційних і термоміцнісних
досліджень*

Розробка і застосування нових конструкційних матеріалів, а саме композиційних матеріалів, є характерною тенденцією розвитку сучасної техніки

У роботі на основі прийому розширення заданої області запропоновано метод розв'язання задачі про нестационарні коливання шаруватих ортотропних оболонок з неканонічною формою плану при імпульсному навантаженні. Динамічна поведінка оболонки описується на основі кінематичних гіпотез, які враховують деформації поперечного зсуву, обтиснення по товщині й інерції обертання нормального елемента у межах кожного шару.

Згідно з прийомом розширення заданої області вихідна багатошарова оболонка розширюється до допоміжної багатошарової оболонки з тим же пакетом шарів. Форма і граничні умови допоміжної оболонки обираються таким чином, щоб розв'язок задачі можна було б одержати досить просто. Найбільш простий вигляд розв'язку можна одержати, якщо обрати як допоміжну прямокутну в плані шарнірно оперту оболонку. Це дозволяє подати розв'язок вихідної задачі у вигляді розвинень у тригонометричні ряди по функціях, що задовольняють граничні умови шарнірного опирання.

Виконано тестування запропонованого методу і розв'язано задачі про визначення параметрів динамічного напружено-деформованого стану для циліндричних незамкнених оболонок зі складною формою плану.

Отримані результати можуть бути використані при проектуванні оболонкових елементів енергетичних, транспортних і будівельних конструкцій.

УДК 539.3:534.1

АНАЛІЗ МІЦНОСТІ ЗАХИСНОЇ ОБОЛОНКИ АЕС

Місюра С.Ю., к.т.н., н.с.

ІПМаш НАН України, відділ вібраційних і термоміцнісних досліджень

Проблема забезпечення надійної експлуатації атомних електростанцій (АЕС) має важливе загальносвітове значення. У розрахунках захисної оболонки АЕС необхідно розглядати схеми рівномірно розподілених і нерівномірно розподілених снігових навантажень на покриття в їх найбільш несприятливих розрахункових сполученнях

Робота присвячена дослідженню міцності багат шарової захисної оболонки АЕС під впливом снігового навантаження та власної ваги.

Оболонка розглядається як двошарова напівсфера. Зовнішній шар виконано з залізобетону, внутрішній зі сталі.

Оболонка жорстко закріплена по зовнішньому радіусу. По всій зовнішній поверхні прикладене розподілене навантаження.

Розрахунок проведено на основі скінченноелементного метода у тривимірній постановці. Застосовується елемент з двадцятьма вузлами, що мають три ступені свободи в кожному вузлі: переміщення в напрямку осей X , Y і Z вузлової системи координат. Елемент може мати довільну орієнтацію в просторі та в змозі використати нерегулярну форму сітки без втрати точності. Також елемент має спільні форми переміщень і в стані описувати моделі зі скривленими границями. Розв'язувальна система рівнянь у матричному вигляді записується так: $[K]\{u\} = \{F\}$, де $[K]$ – матриця жорсткості; $\{u\}$ – вектор вузлових переміщень; $\{F\}$ – компоненти вектора сил, що визначають вплив зовнішніх навантажень

Розглянуто вплив ваги снігового шару на напруження в оболонці. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні оболонок сучасних АЕС.

УДК 539.3

ЧИСЕЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ КОЛИВАНЬ ЛОПАТОК П'ЯТОЇ СТУПЕНІ З ПОШКОДЖЕННЯМИ ТА МЕХАНІЧНОЮ ОБРОБКОЮ

Ольховський А.С., аспірант

ІПМаш НАН України, відділ надійності та динамічної міцності

Лопатковий апарат сучасних турбін є найбільш відповідальною і напруженою їх частиною. На робочі лопатки діють інтенсивні статичні і динамічні навантаження. Коливання представляють основну небезпеку для лопаткового апарату турбомашин. Лопатки останніх ступенів потужних парових турбін для АЕС працюють у волого-паровому середовищі і знаходяться під дією високих каплеударних навантажень. Розглядаються лопатки останніх ступенів турбіни К-1000-60/3000 виготовлених з титанового сплаву. При тривалій експлуатації в лопатках виникають ерозійні пошкодження. При цьому найбільша небезпека виникає за рахунок утворення кратерів і щілиноподібних пошкоджень. Такі пошкодження викликають концентрацію напружень, що становить небезпеку для робочих лопаток турбіни.

На основі скінченно-елементної моделі лопатки проведено її модальний аналіз без пошкоджень і з ушкодженнями, що дозволило виявити локалізацію відносних напружень в місцях пошкоджень. Проведено розрахунок лопатки на вимушені коливання під дією умовного навантаження. На основі досвіду експлуатації компресорних лопаток ГТД з титанових сплавів рекомендовано проводити механічну обробку лопаток в зонах пошкоджень. Така обробка знижує концентрацію напружень, що сприяє підвищенню межі втоми та подовженню ресурсу.

Актуальність таких задач підвищується завдяки тому, що ресурс турбін для багатьох електростанцій України, або вичерпано, або наближається до критичного.

УДК 539.3

РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ У ШАРУВАТИХ ПЛАСТИНАХ З ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛА

Постний О.В., аспірант

ІПМаш НАН України, відділ вібраційних і термоміцнісних досліджень

Запропоновано метод розрахунку нестационарних температурних полів у шаруватих прямокутних пластинах з внутрішніми джерелами тепла.

Розглядається пластина, яка зібрана з ізотропних шарів сталої товщини. На верхній та нижній поверхнях пластини має місце конвективний теплообмін із зовнішнім середовищем. Температура на бічній поверхні дорівнює нулю. Рівняння нестационарної теплопровідності для довільного шару та граничні умови на бічній поверхні пластини формуються на основі варіаційного рівняння теплового балансу.

Рівняння теплопровідності, початкові і граничні умови для довільного шару пластини після перетворення Лапласа за часом зводяться до операторних рівнянь. Розв'язок рівняння теплопровідності шукаємо у вигляді добутку трьох функцій від просторових координат, що дає змогу перейти до системи звичайних диференціальних рівнянь. Коефіцієнти розвинення у ряд визначаються з системи лінійних алгебраїчних рівнянь, яка формується з граничних умов на зовнішніх поверхнях та границях контакту шарів. Права частина системи містить коефіцієнти розвинення функцій міжшарових джерел тепла. Після визначення коефіцієнтів оригінал шуканої функції знаходиться за другою теоремою розкладання, а розв'язок має вигляд подвійного тригонометричного ряду.

Як приклад, розв'язана задача нестационарної теплопровідності для п'ятишарового елемента авіаційного оскління при нагріванні плівковим джерелом тепла. Проведено порівняльний аналіз розподілів температури вздовж товщини оскління з результатами, отриманими іншими методами.

УДК 62-226.2

МЕТОДОЛОГІЯ ЗНАХОДЖЕННЯ СИЛИ ТИСКУ ЩО ДІЄ НА ЛОПАТКУ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА В ПОТОЦІ

Скрицький М.О., аспірант

ІІМаши НАН України, відділ надійності та динамічної міцності

В сучасних газотурбінних двигунах лопатковий апарат є найбільш відповідальною і напруженою системою. Компресорні лопатки відрізняються тонкими профілями, малою жорсткістю, і коливання представляють для них основну небезпеку. Лопатковий апарат компресорів сучасних газотурбінних двигунів знаходиться під дією інтенсивних статичних і динамічних навантажень. Основною причиною порушення коливань лопаткового апарату компресора є окружна нерівномірність потоку. Для визначення частот збуджуючих гармонік на резонансних режимах необхідний модальний аналіз коливань робочих лопаток і побудова резонансної діаграми. Для проведення гармонічного аналізу необхідно знати силу тиску, що діє на перо лопатки в потоці. В даній статті наведено спосіб проведення аналізу в потоці для компресора газотурбінного двигуна. Метою роботи є визначення сили тиску, що діє на перо лопатки в потоці, з урахуванням особливостей компресора.

В даній роботі використовувалась модель компресора газотурбінного двигуна з однією стійкою, чотирма робочими лопатками та п'ятьма направляючим лопатками. Компресор ділиться на п'ять ступенів, нульова ступень складеться з стійки та направляючої лопатки, з першої по четверту складеться з робочою та направляючої лопатки.

З урахуванням наступних даних проводилось дослідження. Стійка та направляючі лопатки нерухомі, робочі лопатки обертались зі швидкістю 837 рад/с. Тиск повітря на вході в компресор складає 0,1003 МПа, тиск повітря на виході з четвертого ступеня компресора складає 0,228 МПа, температура повітря на вході в компресор 288 К, температура повітря на виході з четвертого ступеня компресора 373 К.

УДК 539.3

**АНАЛІТИЧНЕ ОБЧИСЛЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК РІЗНОМОДУЛЬНОГО КОМПОЗИТУ****Смолянкова Т.М., аспірант***ЗНУ, кафедра фундаментальної математики*

В зв'язку з широким використанням композитних матеріалів машинобудуванні і техніці, актуальним постає задача пошуку ефективних характеристик різномодульних композитів. В роботі використані основні рівняння теорії різномодульного середовища, викладені у [1,2]. Мета дослідження – визначення поздовжнього модуля пружності першого роду та коефіцієнта Пуассона трансверсально-ізотропного композиційного матеріалу, складовими елементами якого є ізотропні матриця та волокно.

Аналітичні співвідношення для ефективних пружних характеристик матеріалу отримано із двох крайових задач: для сумісного поздовжнього розтягнення (стиску) ізотропних матриці та волокна, і задачі про деформування однорідного композиту з невідомими ефективними характеристиками.

Отримані значення ефективного поздовжнього модуля пружності $E_1^+ = 25,3$ ГПа, $E_1^- = 20,23$ ГПа і ефективних коефіцієнтів Пуассона $\nu_{12}^+ = 0,4209$, $\nu_{12}^- = 0,2993$ для композиту з такими характеристиками (символ \circ відповідає волокну, а символом $*$ – матриці): $E_o^+ = 60,4$ ГПа, $\nu_o^+ = 0,38$, $E_o^- = 48,32$ ГПа, $\nu_o^- = 0,342$, $E_*^+ = 5,55$ ГПа, $\nu_o^+ = 0,37$, $E_*^- = 4,44$ ГПа, $\nu_*^- = 0,333$ при $f = 0,36$.

Подальші дослідження ефективних характеристик різномодульних композитів пов'язані з розв'язанням задач про деформації зсуву.

1. Амбарцумян С.А. Разномодульная теория упругости / С.А. Амбарцумян. – М.: Наука, 1982. – 320 с.

2. Маслов В.П. Теория упругости для разномодульной среды / В.П. Маслов, П.П. Мосолов. М.: Издательство МИЭМ, 1985. – 100 с.

УДК 539.3

ЕФЕКТИВНИЙ ПОЗДОВЖНИЙ МОДУЛЬ ПРУЖНОСТІ І КОЕФІЦІЄНТ ПУАССОНА КОМПОЗИТУ З ТРАНСТРОПНИМИ МАТИЦЕЮ ТА ПОРОЖНИСТИМ ВОЛОКНОМ

Столярова А. В., аспірант

ЗНУ, кафедра фундаментальної математики

Композити з порожнистими волокнами знайшли широке застосування у машинобудуванні, будівництві та інших сферах виробничої діяльності. Проведено гомогенізацію механічних властивостей волокнистого композиту та отримано співвідношення для розрахунку ефективних поздовжнього модуля пружності E_1 та коефіцієнту Пуассона ν_{12} композитів з транстропними матрицею та порожнистим волокном:

$$E_1 = E_1^* \frac{\alpha}{d^\circ \alpha - \gamma} (d^* f + d^\circ (1 - f - g)), \quad \nu_{12} = \frac{\nu_{21}^* \nu_{12}^* d^\circ \alpha - \gamma}{\nu_{21}^* (d^\circ \alpha - \gamma)},$$

$$\text{де } \alpha = (1 - f - g) \left((E_2^* \nu_{23}^\circ - E_2^\circ \nu_{23}^*) f - E_2^* (f + 2g) \right) - E_2^\circ (1 + f + g) f,$$

$$\beta = 2(f + g) \left(\nu_{21}^\circ E_2^* (1 - f - g) + \nu_{21}^* E_2^\circ f \right), \quad d^* = \frac{\alpha + \beta \nu_{12}^*}{\alpha E_1^*},$$

$$\gamma = 2(f + g) f \left(\nu_{21}^\circ E_2^* \frac{\nu_{12}^*}{E_1^*} - \nu_{21}^* E_2^\circ \frac{\nu_{12}^\circ}{E_1^\circ} \right), \quad d^\circ = \frac{\alpha + \beta \nu_{12}^\circ}{\alpha E_1^\circ},$$

що відображають залежність від пружних характеристик матриці (*), волокна (°) та об'ємних часток волокна f та порожнини в ньому g у матеріалі композита.

Проведено розрахунки для композита з епоксидною матрицею ЕДТ-10 та волокном з пружними характеристиками: $E^\circ = 7,31 \cdot 10^4$ МПа, $\nu^\circ = 0,25$, $E^* = 2900$ МПа, $\nu^* = 0,35$. Так, наприклад, для $f = 0,35$ та $g = 0,05$ отримали $E_1 = 27334,08$ МПа й $\nu_{12} = 0,3042$.

УДК 539.3

ХАОТИЧНІ КОЛИВАННЯ КІНЕМАТИЧНО ЗБУДЖЕНОЇ ПОЛОГОЇ ОБОЛОНКИ ПРИ ГЕОМЕТРИЧНО НЕЛІНІЙНОМУ ДЕФОРМУВАННІ

Чешко К.Ф., аспірант

ІПМаш НАН України, відділ надійності та динамічної міцності

Досліджуються вимушені коливання консольної пологої оболонки постійної кривизни. Вимушені коливання оболонки збуджуються кінематичним періодичним рухом защемлення. Для опису геометрично нелінійного деформування використовується нелінійна теорія оболонок Доннелла. Для побудови нелінійної динамічної системи з кінцевим числом ступенів свободи використовується метод заданих форм. Так як власні частоти повздовжніх та крутильних коливань значно вище згинальних, то інерційні сили в повздовжньому та крутильному напрямках не враховуються. Тому узагальнені координати повздовжніх і крутильних коливань виражено через згинальні. Таким чином отримана нелінійна динамічна система відносно згинальних узагальнених координат, яка описує коливання. Для розрахунку власних форм лінійних коливань, за якими розкладається нелінійна динамічна задача, використовується метод Релея-Рітца.

Для чисельного аналізу нелінійних періодичних коливань розв'язується двоточкова крайова задача для звичайних диференційних рівнянь методом пристрілки. Для дослідження біфуркацій таких періодичних коливань використовується метод продовження розв'язку за параметром. В області основного резонансу виявлено сідло-вузлові біфуркації, біфуркації подвоєного періоду та біфуркації Неймарка-Сакера.

УДК 519.86

БАЗОВІ МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ЕКОНОМІЧНОЇ ДИНАМІКИ

Бабич В.А., студент

ХНТУСГ імені Петра Василенка, кафедра вищої математики

Необхідною умовою динамічного зростання економіки країни є перехід на інноваційний шлях розвитку, який впливає на становлення науково-технічної і виробничої сфер. Істотну допомогу в аналізі ситуації, що складається в інноваційно-технологічної діяльності, а також в прийнятті управлінських рішень щодо її регулювання і підтримки надають сучасні економіко-математичні методи, використання яких дозволяє не тільки виявити найважливіші фактори, що впливають на інноваційну діяльність і сучасні тенденції її розвитку, але і кількісно оцінити їх взаємозв'язок.

Метою роботи є огляд базових математичних моделей економічної динаміки. Встановлено, що при вивченні теорії інновацій доцільно спиратися на добре розроблений апарат теорії автоматичного управління. Це і визначає інструменти моделювання – опис процесів, що відбуваються в економічних системах, диференціальними (або скінченнорізнцевими) рівняннями [1]. Зазвичай моделі спираються на лінійні стаціонарні рівняння, але в деяких випадках необхідно використовувати нестационарні і нелінійні диференціальні рівняння. У тих випадках, коли ставиться задача не тільки аналізу, але і управління економікою, є затребуваними теорія неавтономних (неоднорідних) диференціальних рівнянь або теорія управління, в тому числі, апарат теорії оптимального управління.

1. Сметанкіна Н.В. Різнцеві рівняння / Н.В. Сметанкіна, В.О. Сметанкін.– Харків: Міськдрук, 2014. – 84 с.

УДК 519.6

СТРУКТУРНИЙ МЕТОД ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ КРАЙОВОЇ ЗАДАЧІ ДІРІХЛЕ З РОЗРИВНИМИ ГРАНИЧНИМИ УМОВАМИ

Баранов І.А., к.ф.-м.н., с.н.с.

ІПМаш НАН України, відділ нетрадиційних енерготехнологій

Структурні методи розв'язання крайових задач математичної фізики базуються на використанні математичних засобів теорії R -функцій та полягають у побудові координатних базисних функцій, які задовольняють крайовим умовам задачі. Застосування структурних методів дозволяє точно враховувати геометричну інформацію про форму області та різні граничні умови.

Базисні функції, які побудовано з використанням стандартних систем R -операцій, є універсальними, що дозволяє розв'язувати широкий клас задач, проте ці функції не враховують особливості конкретних розв'язків, і тому, можуть мати низьку апроксимаційну здатність в околах кутових точок при розв'язання певних класів крайових задач. До таких класів задач відносяться задачі з розривними граничними умовами.

Роботу присвячено розвитку структурних методів для розв'язання крайової задачі Діріхле з розривними граничними умовами. Побудовано вагові розривні функції, лапсасіан яких є обмеженою функцією в області розв'язання крайової задачі.

Розроблено програмне забезпечення, яке реалізує запропоновані конструктивні засоби структурних методів. Проведено верифікацію побудованих структур на основі розв'язання задачі теплопровідності. Розв'язання модельних задач показало ефективність запропонованого методу для знаходження розривних узагальнених розв'язків рівняння Пуассона з гладкою правою частиною.

УДК 517.95+518.517+629.735.33-519

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН С ВИНТОВЫМ ТИПОМ СИММЕТРИИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ

Максименко-Шейко К.В., д. т. н., уч. секр.¹, проф.²

¹*ИПМаш НАН Украины;* ²*ХНУ имени В.Н. Каразина,
ФЭФ, кафедра ИТвФЭС*

Морозова А.И., ст. преподаватель

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
кафедра системотехники*

Изготовление деталей машин с винтовым типом симметрии происходит различными, зачастую весьма сложными способами. Это литьё с последующей токарной обработкой, способы горячей деформации и др. Весьма перспективным может оказаться их изготовление на 3D-принтере. В данной работе разработан общий подход к построению математических и компьютерных моделей геометрических объектов с винтовым типом симметрии на основе теории R-функций. Изменяя закон закручивания, мы меняем лишь вид функции $\alpha(z)$ в соответствующей винтовой системе координат.

Рабочей деталью многих механизмов для продвижения материала вдоль винтовой вращающейся поверхности является шнек. Шнеки используются вместо колес в некоторых видах вездеходов или комбайнов, в экструдерах и на буровых станциях, качестве средства транспортировки сыпучих веществ, в пищевой промышленности, в стрелковом оружии, где деталь исполняет роль магазина для патронов. В работе построены математические и компьютерные модели, реализованные на 3D-принтере, шнеков с переменным и постоянным шагом закрутки. В энергетических установках и других технических устройствах широко используется закрутка потока для организации и интенсификации различных процессов. Построены математические и компьютерные модели, реализованные на 3D-принтере, шнекового завихрителя, трубы с локальной закруткой, скрученной трубы сложного поперечного сечения.

1. Максименко-Шейко К.В. R-функции в математическом моделировании геометрических объектов и физических полей / К.В. Максименко-Шейко. – Харьков: ИПМаш НАН Украины, 2009. – 306 с.

УДК 519.6

ГІБРИДИЗАЦІЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ НАБЛИЖЕНОГО ЗНАХОДЖЕННЯ КОРЕНІВ НЕЛІНІЙНОЇ ФУНКЦІЇ ОДНІЄЇ ЗМІННОЇ

Медінцева Т.В., студент, **Лістрова Д.В.**, студент
ХНУ імені В.Н. Каразіна, фізико-енергетичний факультет

Розроблено новий метод наближеного знаходження коренів нелінійної функції однієї змінної на заданому інтервалі. Метод є адаптивним та заснований на гібридизації різних обчислювальних алгоритмів. В основу взято метод дихотомії та трьох п'ятих. Спочатку було проведено аналіз локації кореня. Виходячи з цього, з'явилася ідея спочатку з'ясувати, до якої з меж інтервалу корінь найближчий. Було вирішено робити кроки від цієї сторони інтервалу до потрапляння аргументу в інтервал заданої точності. Недолік цього методу полягає в тому, що ми не можемо точно визначити, до якої з меж корінь є найближчим. Другий недолік полягає в тому, що існує велика ймовірність того, що ми можемо переступити корінь. Це привело до ідеї з адаптивним кроком. Спочатку був використаний адаптований метод Ньютона для визначення розміру кроку. Були використані перша та друга похідні. Але на практиці через те, що в формулі був задіяний квадратний корінь, значення кроку становилося комплексним. Тому для розрахунку кроку був використаний метод трьох п'ятих, аби не вийти за межі інтервалу і виключити можливість переступити корінь, був задіяний метод дихотомії. Алгоритм полягає в обчисленні кроку за допомогою методу трьох п'ятих, з наступним послідовним порівнянням знаків функції в точках на межах інтервалу та у початковому аргументі (за значення початкового аргументу береться середина інтервалу). Інтервал скорочується, якщо знаки функції на будь-якому з кінців інтервалу та початкового аргументу не співпадають. Якщо навпаки, то це означає, що корінь було пропущено, тому крок зменшується вдвічі і робиться шаг у зворотному напрямку. Цей метод дозволяє обчислювати корені навіть за наявності точку перегину, що не є притаманним методу Ньютона.

УДК 519.86

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ СКІНЧЕННОРІЗНИЦЕВИХ МОДЕЛЕЙ

Урванцева Є.М., студент

ХНТУСГ імені Петра Василенка, кафедра вищої математики

Математичні моделі і методи є необхідним засобом і інструментом економічних досліджень різних рівнів не тільки для сучасної економічної науки, а й практики. Під моделюванням розуміється процес побудови, вивчення і застосування моделей.

Економіко-математична модель імітує реальний економічний процес, може багаторазово використовуватися, має низку властивостей і особливостей відповідно до умов застосування і характеристик об'єкта дослідження. У той же час процесу моделювання притаманні неоднозначність і суб'єктивізм формалізації. У зв'язку з цим необхідна оцінка достовірності моделі в області, в якій висновки з її вивчення можуть бути використані.

Метою роботи є аналіз математичних моделей економічної динаміки, які описуються скінченнорізними рівняннями. Традиційними моделями задач такого типу є павутинна модель ринку та економічна модель розвитку Самюельсона-Хікса, яка описує зростання національного прибутку [1].

На основі павутинної моделі показано, що при великих відхиленнях від рівноваги лінійні залежності попиту і пропозиції від ціни не реалізуються. Згідно з другою моделлю розв'язано різницеve рівняння Хікса. Встановлено, що його розв'язок є нестійким і має коливальний характер. Тобто, навіть при сталому темпі капіталовкладень економіка має нестійкий характер і періоди зростання змінюються періодами спаду.

1. Сметанкіна Н.В. Різницеві рівняння / Н.В. Сметанкіна, В.О. Сметанкін.– Харків: Міськдрук, 2014.– 84 с.

УДК 519.6

**СТРУКТУРОВАНА ДИСКРЕТНА МОДЕЛЬ РОЗВ'ЯЗКУ
РІВНЯННЯ ШРЕДІНГЕРА****Халанчук Л.В.**, асистент¹, аспірант²,
Чопоров С.В., к.т.н., доцент²¹*ТДАТУ імені Дмитра Моторного, кафедра вищої математики
і фізики*²*ЗНУ, кафедра програмної інженерії*

Рівняння Шредінгера (диференціальне рівняння другого порядку з частинними похідними) – основне рівняння квантової механіки, яке справедливе для будь-якої частинки, що рухається з малою швидкістю. Для стаціонарних станів хвильової функції рівняння має вигляд:

$$\Delta\psi+k^2\psi=0,$$

де ψ – хвильова функція, k – хвильове число.

Стаціонарне рівняння Шредінгера дозволяє визначити хвильові функції можливих квантових станів і можливі значення енергії E . Знайдені хвильові функції зазвичай індексуються квантовими числами. Стаціонарне рівняння Шредінгера визначає дискретний енергетичний спектр локалізованих станів.

Аналітичний розв'язок заданого рівняння Шредінгера існує лише для невеликого числа систем, серед яких більшість модельних.

Для розв'язку стаціонарного рівняння Шредінгера було використано чисельний метод, а саме метод скінченних різниць.

Було побудовано структуровану дискретну модель хвильової функції в прямокутній області за допомогою пакету програм Scilab, яка може бути застосована для математичного моделювання стану електрона в циліндричній квантовій точці.

Маючи дискретну модель хвильової функції, яка описує зіткнення частинок і визначає ймовірність розсіяння, можна побудувати графіки густини ймовірності знаходження електрона у заданій точці простору.

УДК 519.6

ВИКОРИСТАННЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ ІНЖЕНЕРНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Чопорова О.В., аспірант
ЗНУ, кафедра програмної інженерії

У різноманітних галузях як будівництво, автомобілебудування, ракетобудування тощо виникає потреба у дослідженні поведінки інженерних конструкцій. Проведення натурних експериментів є вартісними та трудомісткими. Машинне навчання дозволяє їх замінити серією комп'ютерних експериментів. Отже, розробка методів машинного навчання для прогнозування поведінки інженерних конструкцій є актуальною.

Методи машинного навчання дозволяють адаптувати свою структуру шляхом обробки вибірки даних. Вони розширюють можливості математичного моделювання як за допомогою врахування результатів обчислювальних експериментів, так і натурні експерименти. Перший крок в машинному навчанні для прогнозування поведінки в інженерних конструкціях – збір даних. Вихідними даними можуть бути результати натурних та обчислювальних експериментів. Результати всіх експериментів можна комбінувати в єдину вибірку для уточнення методів. У випадку відсутності експериментальних даних для машинного навчання можна використовувати наступну послідовність дій:

- 1) побудувати математичну модель запропонованої області;
- 2) провести серію обчислювальних експериментів з різними параметрам моделі;
- 3) провести машинне навчання на побудованій вибірці;
- 4) перевірити результати машинного навчання на значеннях параметрів, що не входять до вибірки, а також можливість врахування додаткових параметрів конструкції.

УДК 621.165

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОНЦЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ЦВД ПАРОВЫХ ТУРБИН БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ НА СРАБАТЫВАНИЕ РЕСУРСА

Бахмутская Ю.О., инженер 1 кат.

ИПМаш НАН Украины, отдел когенерационных систем

В настоящее время среди основных проблем турбинного оборудования в энергетическом секторе Украины отмечено использование в маневренных режимах паровых турбин мощностью 200 - 300 МВт, которые для этого не предназначены. Такая эксплуатация турбин ведет к срабатыванию ресурса по механизму малоцикловой усталости и преждевременному износу оборудования.

Ресурс паровых турбин ограничивают ротора высокого и среднего давления. Высокотемпературные ротора являются наиболее нагруженной и дорогостоящей деталью.

На уровень напряжений в роторах существенное влияние оказывает конструкция и условия прогрева в области передних концевых уплотнений ЦВД.

В работе разработан подход более точной оценки малоцикловой усталости, которая основана на применении упругопластического расчета напряженно-деформированного состояния.

Определено влияние конструкции переднего концевого уплотнения и условий прогрева на нестационарных режимах на напряженно-деформированное состояние и ресурс ротора высокого давления турбины К-300-240, путем сравнения нового варианта с исходным.

УДК 621.165

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ БАНДАЖНОГО СОЕДИНЕНИЯ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ПАРОВЫХ ТУРБИН

Бояршинов А.Ю., к.т.н. м.н.с.

*ИПМаш НАН Украины, отдел оптимизации процессов и
конструкций турбомашин*

Особенностью напряженного состояния рабочих лопаток является воздействие на них переменных (циклических) нагрузок, связанных со скоростной неравномерностью истекающего пара из направляющего аппарата. Опасными возмущающие силы являются в случае резонанса, когда амплитуда колебаний велика, а сопротивление колебаниям (демпфирование) мало.

На основе имеющихся данных в результате длительной эксплуатации уровень допустимых суммарных напряжений от паровых усилий для относительно коротких лопаток цилиндров высокого и среднего давлений составляет $[\sigma_u] \leq 40$ МПа. В цилиндрах низкого давления, суммарные напряжения от изгиба паровыми усилиями могут быть допущены до величины $[\sigma_u] \leq 60-65$ МПа.

К настоящему времени довольно широкое распространение в современных турбинах получили так называемые полочные цельнофрезерованные бандажи, выполненные заодно с лопаткой. Такая конструкция существенно повышает стойкость рабочих лопаток в условиях переменных нагрузок.

Распространенным соединением такого бандажа является соединение клиновидного типа. К недостаткам данного соединения можно отнести относительную сложность при изготовлении и невозможность демонтажа при ремонте вследствие конструктивных особенностей.

В работе предложена конструктивная схема нового (стержневого типа, защищенная патентом Украины) соединения полочного бандажа вместо существующего клиновидного, что позволяет достигнуть ряда преимуществ, в частности с точки зрения ремонтпригодности конструкции и упрощения монтажа.

УДК 536.24:621.039.584

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ПОДХОДА
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕТАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО
СОСТОЯНИЯ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА****Лунёв Д.И.**, студент*ХНУ имени В.Н. Каразина, физико-энергетический факультет*

При оценке тепловой безопасности хранилища для отработанного ядерного топлива обычно используются два подхода: консервативный расчет и детальное моделирование теплового состояния. Для второго был разработан многоступенчатый подход, позволяющий рассчитывать тепловые поля группы контейнеров, отдельного контейнера, сборки отработанного топлива и топливного стержня с учетом их взаимного влияния и влияния внешних факторов (погодных условий и солнечного излучения). Все расчеты выполнены для контейнера сухого типа используемого на Запорожской АЭС. Получено температурное поле контейнеров на открытой площадке хранения под воздействием ветра. С учетом изменений внутренней геометрии вентиляционной системы контейнера были рассчитаны температуры отработанных тепловыделяющих сборок и максимальные температуры каждого ТВЭЛа. Детальные данные о тепловом состоянии отработанного топлива при сухом хранении планируется использовать при расчетах теплового напряжения и оценке старения.

УДК 621.224

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЧІЇ В ПРОТОЧНІЙ ЧАСТИНІ ВИСОКОНАПІРНОЇ РАДІАЛЬНО-ОСЬОВОЇ ГІДРОТУРБИНИ

Олексенко Ю.Ю., аспірант

НТУ «ХПИ», кафедра «Гідравлічні машини ім. Г.Ф. Проскури»

Для забезпечення високих енергокавітаційних показників проточної частини гідротурбіни необхідно проводити всебічний гідродинамічний аналіз елементів проточної частини з використанням сучасних пакетів прикладних програм CFD. Дані пакети дозволяють розрахувати тривимірний в'язкий турбулентний потік в проточній частині гідротурбіни будь-якої складності.

Моделювання потоку в гідромашині можна здійснювати при різних наближеннях. Один з найбільш поширених і ефективних підходів – стаціонарна циклічна постановка, в якій приймається допущення, що течія в усіх міжлопатевих каналах направляючого апарату і міжлопатевих каналах робочого колеса однакова. У кожному елементі проточної частини гідротурбіни в потоці домінують фізичні процеси, характерні саме для цього елемента. Відповідно необхідно вибирати більш підходящі моделі для опису течії в них. З одного боку, модель повинна відображати основні особливості течії, а з іншого – бути економічною. Таким чином, в робочому колесі гідротурбіни головну роль відіграє процес передачі робочому колесу рідиною її обертального моменту. Даний процес досить точно описується стаціонарною моделлю нев'язкої рідини.

Чисельне моделювання просторового потоку в проточній частині гідротурбіни проводиться для визначення зміни енергетичних характеристик, тому обирається $k-\epsilon$ модель турбулентності, дана модель є найбільш вдалою моделлю турбулентності першого рівня замикання.

УДК 621.165

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ НАПРАВЛЯЮЧИХ ЛОПАТОК ВОЛОГОПАРОВИХ СТУПЕНІВ ПОТУЖНИХ ПАРОВИХ ТУРБІН

Сенецька Д.О., провідний інженер

*ІПМаш НАН України, відділ оптимізації процесів і конструкцій
турбомашин*

На сучасному етапі розвитку енергомашинобудування задача підвищення ефективності та надійності роботи останніх ступенів циліндрів низького тиску потужних парових турбін, що знаходяться в експлуатації, та при створенні нових, шляхом вдосконалення конструкції направляючого апарату (НА) є вельми актуальною.

Проведено роботу з детального аналізу й порівняння існуючих підходів щодо вдосконалення конструкції направляючого апарату вологопарового ступеня потужних парових турбін ТЕЦ, ТЕС та АЕС. Запропоновано технічне рішення яке за рахунок комплексного підходу видалення частки вологи з проточної частини до порожнин направляючих апаратів та подачі гріючої пари для підігріву НА з метою випаровування плівки вологи з його поверхні дозволить зменшити концентрацію ерозійнонебезпечної вологи у міжлопатковому просторі, тим самим підвищити ефективність роботи й подовжити ресурс лопаткових апаратів, що працюють в області вологої пари. Визначено, що в залежності від типу турбоустановки (конденсаційна або теплофікаційна) раціональна конструкція НА буде різною.

Для забезпечення ефективної роботи направляючого апарату запропонованої конструкції виконано низку розрахункових досліджень з визначення параметричних та витратних характеристик гріючої пари. Отримано, що за заданих умов роботи лопаткових апаратів можна підвищити ефективність та надійність роботи вологопарових ступенів шляхом впровадження запропонованої конструкції направляючого апарату.

УДК 661.96:622.276.6

ПІДВИЩЕННЯ КЕРОВАНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ БАГАТОСТАДІЙНОЇ ВОДНЕВОЇ ТЕРМОБАРОХІМІЧНОЇ ДІЇ НА ПРОДУКТИВНІ ГОРИЗОНТИ НАФТОВИХ СВЕРДЛОВИН

Велігоцький Д.О., провідний інженер
ІПМаш НАН України, відділ нетрадиційних енерготехнологій

Підвищення керованості та ефективності хіміко-технологічних процесів (ХТП), на яких базується розроблена в ІПМаш НАН України технологія комплексного водневого термобарохімічного впливу (КВТБХВ) на продуктивний пласт, проводилося за рахунок використання хімічних активаторів або інгібіторів ХТП та удосконалення комп'ютерної 3D моделі їх протікання.

Створено експериментальний комплекс, на якому виконано дослідження кінетики хімічних процесів та фізичне моделювання КВТБХВ на проникність гірської породи продуктивних пластів нафтових та газових свердловин.

Експериментально доведено можливість суттєвого підвищення керованості та ефективності ХТП шляхом використання на його низькотемпературній стадії гідрореагуючих речовин (ГРР) на основі натрію, які в процесі екзотермічної реакції з пластовою або технологічною водою в привибійній зоні пласта не тільки прискорюють протікання хіміко-технологічного процесу, але й зневоднюють середовище та генерують водень, який в свою чергу збільшує початкову проникність гірської породи.

Запропоновано методика уточнення 3D моделі процесу КВТБХВ, яка заснована на врахуванні результатів експериментальних досліджень зі зміни проникності гірської породи під впливом водню та постадійному моделюванні термобарохімічного процесу.

Розроблена методика дозволила суттєво підвищити точність моделювання термобарохімічного процесу, удосконалити алгоритм визначення складів робочих сумішей, та більш точно визначати прогнозні дебіти свердловини від здійснення ХТП.

УДК 661.96:622.276.6

ВИКОРИСТАННЯ ВОДЕНЬГЕНЕРУЮЧОЇ НАНОСУСПЕНЗІЇ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПРОНИКНОСТІ ГІРСЬКОЇ ПОРОДИ ПРИВИБІЙНОЇ ЗОНИ НАФТОВИХ СВЕРДЛОВИН

Велігоцький Д.О., провідний інженер, **Баштовий А.В.**, аспірант
ІПМаш НАН України, відділ нетрадиційних енерготехнологій

З використанням гідрокавітаційної технології одержано зразки стійкої до стратифікації та седиментації воденьгенеруючої наносуспензії, дисперсною фазою якої є мікро-і наночастки гідрореагуючої речовини – алюмогідриду натрію.

На установці для комплексних досліджень проникності та фільтраційно-ємнісних характеристик кернавого матеріалу гірських порід в пластових умовах (моделюються термобаричні умови, які максимально наближені до пластових), яку створено в ІПМаш НАН України, проведено дослідження зі зміни проникності кернів нафтового родовища при використанні різних видів воденьгенеруючих суспензій.

Показано, що в реальних умовах родовищ може бути використано стійку до стратифікації воденьгенеруючу суспензію з дисперсністю твердої фази не більш 5 мкм. Визначено режими роботи гідрокавітаційного пристрою, при яких можна одержувати суспензії з означеними властивостями.

Експериментально доведено, що фільтрація такої суспензії через керни, які мали низьку проникність внаслідок насичення водонафтовою емульсією, супроводжується екзотермічною реакцією з одержанням водню з водної емульсійної фази, забезпечує комплексну водневу та термохімічну дію, дозволяє практично повністю відновити проникність до початкового рівня, тобто значення коефіцієнту відновлення проникності кернів близькі до одиниці.

УДК 628.33; 628.386; 62.611

ПРОМИСЛОВІ ВИПРОБУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ Й ЕКОЛОГІЧНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ГІДРОКАВІТАЦІЙНОЇ АКТИВАЦІЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ Й СПАЛЮВАННІ КОМПОЗИЦІЙНОГО ПАЛИВА З ДОДАВАННЯМ МУЛОВИХ ОСАДІВ ОЧИСНИХ СПОРУД

Гоман В.О., провідний інженер
ІПМаш НАН України, відділ нетрадиційних енерготехнологій

Дослідження присвячено вирішенню актуальної проблеми зі зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище та отримання більш дешевої теплової енергії шляхом використання технології гідрокавітаційної активації (ГКА) в процесі виробництва й спалювання на промислових теплогенеруючих підприємствах композиційних палив з різними компонентними складами.

На створеному в ІПМаш НАН України мобільному дослідницькому енерготехнологічному комплексі та паровому котлі Е-1,0-0,9 М-3 в випробувальній лабораторії ТОВ МВВФ «Енергетик» (м. Монастирище, Україна) проведено промислові пілотні дослідження енергоефективності й екологічності технології ГКА при виробництві й спалюванні композиційного палива на основі мазуту з додаванням мулових осадів комунальних очисних споруд до 50 % (мас).

Аналіз результатів досліджень показав, що промислове впровадження зазначеної технології може не тільки значно знизити екологічне навантаження на навколишнє середовище шляхом повного вогневого знезаражування мулових осадів очисних споруд, але й дати значний економічний ефект у вигляді економії до 10-12 % вуглеводнів при виробництві теплової енергії.

УДК 544.6.018.42

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ АКТИВНОЇ МАСИ ЕЛЕКТРОДІВ ДЛЯ ГЕНЕРАТОРІВ ВОДНЮ

Зіпунніков М.М., к.т.н., с.н.с.

ІІМаш НАН України, відділ водневої енергетики

По мірі виснаження природних ресурсів нафти та газу, основним енергоносієм стане водень. У зв'язку з цим в передових країнах світу активізувалися науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи, які свідчать про те, що в майбутньому тисячолітті водень стане основним видом палива для енергетичних систем. Тому актуальною є проблема розробки електрохімічних технологій генерації водню з води з мінімальними витратами електроенергії і витратних матеріалів.

Встановлено, що при здійсненні циклів окислення і відновлення кількість використаного в реакції газопоглинання заліза визначається глибиною його відновлення в поверхневих шарах активного електрода. Різниця між кількістю прореагованої речовини пористого залізного електрода при підвищенні густини струму від 0,015 до 0,03 А/см² становить $\approx 4\%$, що свідчить про зростання реакційного шару активного електрода Fe(OH)₂, Fe(OH)₃ зі збільшенням часу напівциклів окислення і відновлення.

Для відпрацювання компоновки електродних з'єднань проведено дослідження впливу відстані між електродами на процес генерації водню. Встановлено, що для обраної конструкції електродного пакету при відстані між активним і пасивним електродами до 2 мм відбувається іонне збіднення міжелектродного простору та підвищення поляризаційного ефекту між електродами, внаслідок чого підвищуються початкові напруги виділення водню до 0,4 В і кисню до – 1,4 В. Зі збільшенням відстані між активним і пасивними електродами до 6 мм відбувається підвищення початкової напруги виділення водню до 0,35 В і кисню до – 1,2 В. Оптимальна відстань між електродами знаходиться в інтервалі 3 - 4 мм, що відповідає мінімальній початковій напрузі виділення водню 0,27 В і кисню – 0,9 В.

Розроблено конструкцію електродних пакетів на базі визначених оптимального складу матеріалів електродів та міжелектродного простору.

УДК 536.24:621.039.584

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ КРИШКИ ВЕНТИЛЬОВАНОГО КОНТЕЙНЕРА СУХОГО ЗБЕРІГАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА

Клітченко Д.Т., студент

ХНУ ім. В.Н. Каразіна, фізико-енергетичний факультет

В основу дослідження поставлено задачу оптимізації конструкції кришки для контейнера сухого зберігання відпрацьованого ядерного палива. Оптимізація полягає у виборі найкращого, з точки зору фізико-механічних властивостей матеріалу кришки, тобто металу, з якого вона виготовлена, та удосконаленні конструкції, що має за мету зменшення маси та, як наслідок, зниження вартості кришки.

Основні функції кришки полягають в: захисті тепловідвідних потоків з вентиляційних отворів від вітру, тобто впливу зовнішніх потоків повітряних мас, посиленні тяги вентиляційних тепловідвідних потоків, та захисті від додаткової інсоляції поверхні контейнера.

Поставлена задача вирішується в кілька етапів. Спочатку будується геометрична модель кришки контейнера, моделюються зовнішні навантаження на кришку при заданих температурах і будуються епюри напруг, деформацій і переміщень. Реалізація оптимізації конструкції по вазі можлива в двох варіантах. Перший - виготовлення технологічних отворів. Другий - зменшення товщини стінок кришки. Можлива також їх комбінація. Обидва варіанти можливо реалізувати тільки в місцях з найменшими навантаженнями та деформаціями.

Далі моделюються повітряні потоки. Тобто внутрішній тепловідвідний повітряний потік і зовнішній повітряний потік. Технологічні отвори, якщо вони можливі, повинні розташовуватися таким чином, щоб зовнішні повітряні потоки не перешкождали вертикальним тепловідвідними потокам.

РОЗРОБКА ПЕРСПЕКТИВНИХ ВИДІВ СУМІШЕВОГО ТВЕРДОГО РАКЕТНОГО ПАЛИВА ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ В ЙОГО СКЛАДІ НОВИХ КОМПОНЕНТІВ

Костюченко К.І., аспірант

ІПМаш НАН України, відділ нетрадиційних енерготехнологій

Дослідження присвячено вирішенню актуальної задачі покращення робочих та екологічних характеристик ракетних двигунів, які працюють на сумішевих твердих ракетних паливах (СТРП) на основі перхлорату амонію (ПХА).

Запропоновано у складі СТРП використовувати нові компоненти – полімерні активатори горіння (ПАГ). Удосконалено технологію їх синтезу. Створено новий реактор з системою автоматичної термостабілізації на основі термокабелю. Підвищена точність регулювання температури та використання нових каталізаторів привели до покращення керованості процесу синтезу. Результатом удосконалення технології стало значне збільшення виходу та чистоти продукту.

За допомогою демонстраційної версії програми RPA визначено теоретичні масові співвідношення перхлорату амонію та ПАГ, при яких СТРП, що складаються з цих компонентів, при згорянні забезпечуватимуть кращі показники термодинамічних параметрів, в першу чергу, питомих імпульсів, та рівноважних концентрацій продуктів згорання. Виготовлені модельні зразки таких палив досліджувалися в експериментальній бомбі постійного об'єму 0.8 та 4.0 МПа.

Експериментально та теоретично доведено доцільність використання синтезованих ПАГ в СТРП на основі перхлорату амонію не тільки як активатора процесу горіння, але й як основного компонента палива, який може замінити алюміній та покращити енергоекологічні показники його згорання.

ЗМІСТ

Секція А. Механіка

Малихіна А.І., Меркулов Д.О. Аналіз нестационарних коливань багатошарових ортотропних циліндричних оболонок з неканонічною формою плану.....	5
Місюра С.Ю. Аналіз міцності захисної оболонки АЕС	6
Ольховський А.С. Чисельний аналіз параметрів коливань лопаток п'ятої ступені з пошкодженнями та механічною обробкою.....	7
Постний О.В. Розрахунок температурних полів у шаруватих пластинах з джерелами тепла.....	8
Скрицький М.О. Методологія знаходження сили тиску що діє на лопатку газотурбінного двигуна в потоці.....	9
Смолянкова Т.М. Аналітичне обчислення ефективних характеристик різномодульного композиту.....	10
Столярова А.В. Ефективний поздовжній модуль пружності і коефіцієнт Пуассона композиту з транслопними матрицею та порожнистим волокном.....	11
Чешко К.Ф. Хаотичні коливання кінематично збудженої пологої оболонки при геометрично нелінійному деформуванні.....	12

Секція В. Математичне моделювання та ідентифікація

Бабич В.А. Базові математичні моделі економічної динаміки.....	13
Баранов І.А. Структурний метод для розв'язання крайової задачі Діріхле з розривними граничними умовами.....	14
Максименко-Шейко К.В., Морозова А.И. Аналитическая идентификация деталей машин с винтовым типом симметрии для реализации технологии 3D-печати.....	15
Медінцева Т.В., Лістрова Д.В. Гібридизація обчислювальних алгоритмів для наближеного знаходження коренів нелінійної функції однієї змінної.....	16
Урванцева Є.М. Математичне моделювання економічних процесів на основі скінченнорізницевої моделі.....	17
Халанчук Л.В., Чопоров С.В. Структурована дискретна модель розв'язку рівняння Шредінгера.....	18
Чопорова О.В. Використання машинного навчання для прогнозування поведінки інженерних конструкцій.....	19

Секція С. Енергетика

Бахмутская Ю.О. Влияние конструкции концевых уплотнений ЦВД паровых турбин большой мощности на срабатывание ресурса	20
Бояршинов А.Ю. Совершенствование конструкции бандажного соединения рабочих лопаток паровых турбин.....	21
Лунёв Д.И. Использование многоступенчатого подхода для определения детального теплового состояния отработанного ядерного топлива.....	22
Олексенко Ю.Ю. Дослідження течії в проточній частині високонапірної радіально-осьової гідротурбіни.....	23
Сенецька Д.О. Удосконалення конструкції направляючих лопаток вологопарових ступенів потужних парових турбін.....	24

Секція D. Машинобудування. Енергозбереження. Екологія.

Велігоцький Д.О. Підвищення керованості та ефективності хіміко-технологічних процесів багатостадійної водневої термобарохімічної дії на продуктивні горизонти нафтових свердловин.....	25
Велігоцький Д.О., Баштовий А.В. Використання воденьгенеруючої наносуспензії для відновлення проникності гірської породи привибійної зони нафтових свердловин.....	26
Гоман В.О. Промислові випробування енергоефективності й екологічності технології гідрокавітаційної активації при виробництві й спалюванні композиційного палива з додаванням мулових осадів очисних споруд.....	27
Зіпунніков М.М. Дослідження електрохімічних властивостей матеріалів активної маси електродів для генераторів водню.....	28
Клітченко Д.Т. Оптимізація конструкції кришки вентильованого контейнера сухого зберігання відпрацьованого ядерного палива.....	29
Костюченко К.І. Розробка перспективних видів сумішевого твердого ракетного палива шляхом використання в його складі нових компонентів.....	30

Сучасні проблеми машинобудування. Тези доповідей конференції молодих вчених та спеціалістів, присвяченої 120-річчю з дня народження академіка НАН України А. П. Філіпова. Харків, 15-18 квітня 2019 р.

Збірка містить тези доповідей конференції молодих вчених та спеціалістів "Сучасні проблеми машинобудування", де було представлено роботи аспірантів та молодих наукових робітників Інституту проблем машинобудування ім. А. М. Підгорного НАН України, а також молодих наукових робітників вузів.

Розраховано на наукових співробітників, спеціалістів промисловості, докторантів, аспірантів та студентів.

Відповідальний за випуск: Виноходова Н.О.

Оригінал-макет підготовлено групою оргкомітета конференції "Сучасні проблеми машинобудування".

Тел. 94-27-74.

Комп'ютерну верстку виконали: Баранов І.А., Бояршинов О.Ю., Зіпунніков М.М., Місюра С.Ю.

Підп. до друку 05.04.2019 р. Формат 60x90 1/16. Пап. тип. №1

Ум. друк. арк. 1,5. Наклад 100 прим. Замовлення №

Ціна договірна

Надруковано у СПДФО Ізрайлев Є. М.
Свідоцтво № 24800170000040432 від 21.03.2001 р.
61002, м. Харків, вул. Багалия, 16